

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS

Antal Gabriella

Debrecen

2018

**DEBRECENI EGYETEM
GAZDASÁGTUDOMÁNYI KAR**

**IHRIG KÁROLY GAZDÁLKODÁS- ÉS SZERVEZÉSTUDOMÁNYOK
DOKTORI ISKOLA**

Doktori iskola vezető: **Prof. Dr. Popp József** egyetemi tanár, DSc

**AZ OLASZNÁD BIOTECHNOLÓGIAI MÓDSZERREL
TÖRTÉNŐ SZAPORÍTÁSÁNAK ÉS
TERMESZTÉSÉNEK NÉHÁNY BIO-ÖKONÓMIAI
KÉRDÉSE**

Készítette:

Antal Gabriella

Témavezető:

Prof. Dr. Fári Miklós Gábor, DSc
egyetemi tanár

DEBRECEN

2018

A doktori értekezés betétlapja

AZ OLASZNÁD BIOTECHNOLÓGIAI MÓDSZERREL TÖRTÉNŐ SZAPORÍTÁSÁNAK ÉS TERMESZTÉSÉNEK NÉHÁNY BIO-ÖKONÓMIAI KÉRDÉSE

Értekezés a doktori (PhD) fokozat megszerzése érdekében
a Gazdálkodás és Szervezéstudományok tudományágban

Írta: Antal Gabriella okleveles kertészmérnök

Készült a Debreceni Egyetem Ihrig Károly Gazdálkodás- és Szervezéstudományok doktori
iskolája (Agrárökonómiai és Vidékfejlesztés-tudományi programja) keretében

Témavezető: Prof. Dr. Fári Miklós Gábor

A doktori szigorlati bizottság:

elnök: Dr.

tagok: Dr.

Dr.

A doktori szigorlat időpontja:

Az értekezés bírálói:

Dr.

Dr.

Dr.

A bírálóbizottság:

elnök: Dr.

tagok: Dr.

Dr.

Dr.

Dr.

Az értekezés védésének időpontja:

NYILATKOZAT

Alulírott, Antal Gabriella (szül.: Sajószöged, 1987.10.21.) büntetőjogi és fegyelemi felelősségem tudatában kijelentem és aláírással igazolom, hogy a doktori (Ph.D) fokozat megszerzése céljából benyújtott értekezésem kizárólag saját, önálló munkám.

Nyilatkozom továbbá, hogy:

- az Ihrig Károly Gazdálkodás- és Szervezéstudományok Doktori Iskola szabályzatát megismertem, és az abban foglaltak megtartását magamra nézve kötelezően elismerem;
- a felhasznált irodalmat korrekt módon kezeltem, a disszertációra vonatkozó jogszabályokat és rendelkezéseket betartottam;
- a disszertációban található másoktól származó, nyilvánosságra hozott vagy közzé nem tett gondolatok és adatok eredeti leőhelyét a hivatkozásokban, az irodalomjegyzékben, illetve a felhasznált források között hiánytalanul feltüntettem a mindenkori szerzői jogvédelem figyelembevételével;
- a benyújtott értekezéssel azonos, vagy részben azonos tartalmú értekezést más egyetemen, illetve doktori iskolában nem nyújtottam be tudományos fokozat megszerzése céljából.

Debrecen, 2018. 08. 18.

Antal Gabriella

TARTALOMJEGYZÉK

| | |
|---|-----------|
| BEVEZETÉS | 1 |
| 1. TÉMAFELVETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS | 4 |
| 2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS | 7 |
| 2.1. A növényi biomassza termelés globális és hazai helyzetének áttekintése | 7 |
| 2.1.1. <i>Az energiafelhasználás és a megújuló energiaforrások helyzete a világban, az Európai Unióban és Magyarországon</i> | <i>7</i> |
| 2.1.2. <i>A megújuló energiaforrásokkal szembeni előírások és irányelvek az Európai Unióban és Magyarországon</i> | <i>15</i> |
| 2.1.3. <i>A bioökonómia jelentősége a növényi biomassza hasznosításban.....</i> | <i>17</i> |
| 2.1.4. <i>A mikroszaporítás gazdasági helyzete és az in vitro szaporítóanyag-előállítás termelési költségeinek alakulása.....</i> | <i>21</i> |
| 2.1.5. <i>A jövő biomassza növényeivel szemben támasztott követelmények.....</i> | <i>24</i> |
| 2.2. Az olasz nád, mint a jövő egyik ígéretes bioipari növénye..... | 26 |
| 2.2.1. <i>Kutatások jelentősége</i> | <i>26</i> |
| 2.2.2. <i>Általános bemutatás.....</i> | <i>27</i> |
| 2.2.3. <i>Hazai szakirodalom (1878-2016).....</i> | <i>34</i> |
| 2.2.4. <i>Nemzetközi szabadalmak és K+F+I projektek.....</i> | <i>38</i> |
| 2.2.5. <i>Hasznosításának főbb területei napjainkig.....</i> | <i>39</i> |
| 2.2.6. <i>Vegetatív szaporítási módszerek hatékonysága és szaporítóanyag-előállítás költségei.....</i> | <i>43</i> |
| 3. ANYAG ÉS MÓDSZER | 47 |
| 3.1. Biotechnológiai módszerrel szaporított hazai és amerikai olasz nád ökotípusok termesztésének és biomassza hozamainak kispárcellás vizsgálata (2010-2016)..... | 47 |
| 3.2. A téli fagynak ellenállóbb, új hazai olasz nád ökotípusok makro- és mikroszaporítási módszereinek kutatása..... | 51 |
| 3.3. Az olasz nád szaporítóanyag előállítás, termesztés és hasznosítás ökonómiai elemzésének módszertana..... | 52 |
| 4. VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK ÉS AZOK ÉRTÉKELÉSE | 55 |
| 4.1. Biotechnológiai módszerrel szaporított hazai és amerikai olasz nád ökotípusok termesztésének és biomassza hozamainak kispárcellás vizsgálatának eredményei (2010-2016)..... | 55 |
| 4.1.1. <i>Első évi növekedés, biomassza hozamok és azok összehasonlítása a kínai náddal (2010/2011).....</i> | <i>55</i> |
| 4.1.2. <i>Második évi növekedés, biomassza hozamok és azok összehasonlítása más növényekkel (2011/2012)</i> | <i>60</i> |

| | |
|---|------------|
| 4.1.3. Harmadik és negyedik évi növekedés, hidegtűrés, biomassa hozamok és azok összehasonlítása a kínai náddal (2012-2014)..... | 63 |
| 4.1.4. Ötödik és hatodik évi biomassa hozamok és azok összehasonlítása a kínai náddal (2014-2016)..... | 66 |
| 4.1.5. Az olasznáddal elérhető biomassa hozamok értékelése és összehasonlítása | 68 |
| 4.2. A téli fagynak ellenállóbb új hazai olasz nád ökotípusok makro- és mikroszaporítási módszerek kutatásainak eredményei | 72 |
| 4.3. Az olasz nád szaporítóanyag előállításának, termesztésének és feldolgozásának ökonómiai értékelése | 75 |
| 4.3.1. Az olasz nád új biotechnológiai módszerrel történő szaporításának hatékonysága és költség-jövedelem viszonyai..... | 75 |
| 4.3.2. Az olasz nád üzemi termelés várható költségei a javasolható termesztés-technológiai elemek függvényében..... | 89 |
| 4.3.3. Az olasz nád energetikai hasznosításának előnyei és hátrányai, az eddigi legfontosabb energetikai hasznosítási lehetőségek jellemzői más biomassa növényekkel összehasonlítva..... | 97 |
| KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK | 103 |
| AZ ÉRTEKEZÉS LEGFONTOSABB MEGÁLLAPÍTÁSAI, ÚJ ILLETVE ÚJSZERŰ EREDMÉNYEI..... | 105 |
| ÖSSZEFOGLALÁS | 106 |
| SUMMARY | 111 |
| IRODALOMJEGYZÉK | 116 |
| SAJÁT PUBLIKÁCIÓK JEGYZÉKE | 134 |
| KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS..... | 141 |
| MELLÉKLETEK..... | 142 |

BEVEZETÉS

2018-ban a Föld lakossága elérte a 7,6 milliárd főt, amely 2050-re 9 milliárd főre is emelkedhet. A növekvő népesség élelmiszer- és energiaigényeinek kielégítése alapvető kihívás. A 21. század első évtizedében az emberiség energia szükségletének jelentős részét még a fosszilis energiahordozók biztosítják. Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC) jelentései alapján az emberi tevékenységeket kísérő üvegházhatást okozó gázok (ÜHG) kibocsátásának hatását egyre erőteljesebben érzékelhetjük a környezetünkben. A jelenlegi negatív irány folytatásával tovább növekedhet az átlagos felszíni hőmérséklet, amely változásokat eredményezhet az éghajlatunkban, amely a jelenlegi mezőgazdasági területek további csökkenéséhez és a természeti rendszerek átrendeződéséhez is vezethet. Az utóbbi évtizedekben a szűkülő fosszilis energiaforrások, a környezetvédelmi szempontok és a klímapolitikai indokok felértékelődésével a megújuló energiaforrások és a biomassza-növények iránt az érdeklődés is növekedett. A biomassza – tágabb értelmezés szerint a Föld teljes élőtömegét, szűkebb értelmezés szerint az energetikailag hasznosítható megújuló, illetve megújítható szerves anyagok összességét jelenti – jelenleg a világ negyedik legfontosabb hasznosított energiaforrása, a szén, a kőolaj és a földgáz után. A megújuló energiaforrások egyre növekvő részesedése mellett a biomassza alapú zöldenergia termelésnek és az új, nagyobb hozzáadott értékű bioipari termékek előállításának területének is meghatározó szerepe lehet a más. A zöldenergia-források maximális felhasználásával jelentősen csökkenthető lenne a CO₂ kibocsátás mértéke, de a jelenlegi tendenciák megváltoztatásához ez nem elégséges, mert a CO₂ fokozott megkötésére is szükség van. Ennek megvalósítása – a mai technológiai tudás szintjén – leginkább a növények fotoszintézisén keresztül valósítható meg. Így e kutatások központi területe jelenleg a biomassza alapú termelésre, a fotoszintetikus fényenergia-átalakítás folyamatainak energiatermelési és új, nagyobb hozzáadott értékű termékek előállítása céljából történő kutatására fókuszál. A megvalósításhoz a leghatékonyabb biológiai, genetikai és nemesítési eljárásokra, új mezőgazdasági és földművelési módszerekre van szükség, a jövő biomassza növényeinek termesztését tudományos alapossággal kell megtervezni. Ezzel párhuzamosan fontos kérdés az is, hogy az egyre szűkösebben rendelkezésre álló termőföldön az élelmiszertermelés mellett milyen mértékben történjen a bioenergia termelése.

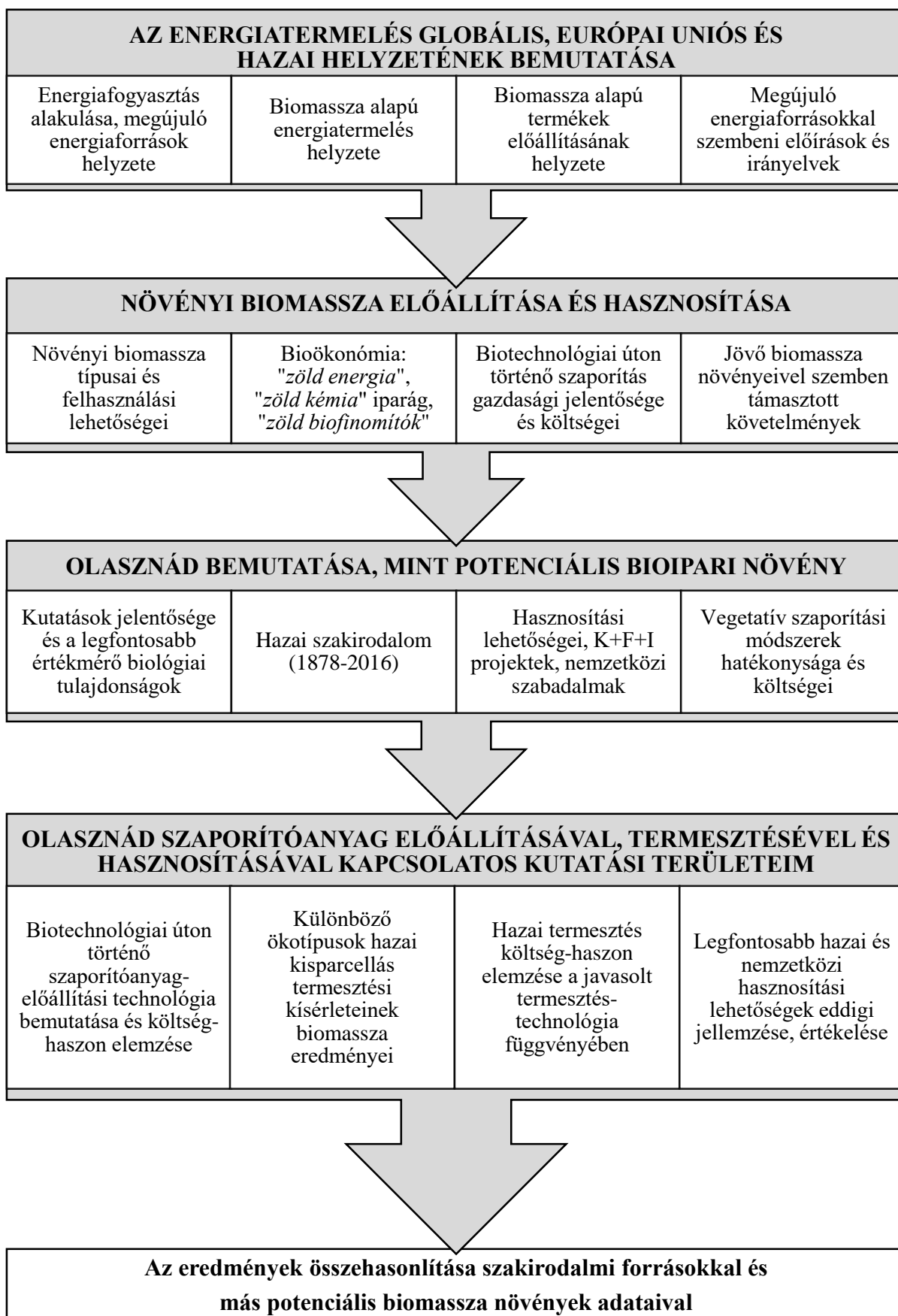
A Debreceni Egyetem MÉK Mezőgazdasági Növénytan, Növényélettan és Biotechnológiai Tanszék jogelődje 2002 óta végez biológiai, genetikai, agronómiai és biotechnológiai kutatásokat a marginális területeken is termesztendő, bioipari feldolgozásra alkalmas évelő, főként lágyszárú növényfajokkal, ún. biogenerációs növényekkel. A kifejezés az utóbbi időben merült fel több kezdeményezés hatására, biotechnológiai módszerrel szaporítható, új generációs

növényeket foglalja magában (FÁRI et al., 2014). Az eltelt évtizedben a Tanszék egyik kiemelt K+F területe a különböző olasz nád (tudományos néven *Arundo donax* L.) ökotípusok biotechnológiai úton történő szaporítási technológiáinak fejlesztése, az előállított növények biológiai tulajdonságainak vizsgálata, a különböző palántanevelési- és termesztéstechnológiai rendszerének kidolgozása.

Hazánkban e lágyszárú, évelő és rizómás fűféle elsősorban magot nem fejlesztő dísznövényként volt eddig ismert. Noha az olasz nád az egyik talán legígéretesebbnek tűnő lignocellulóz növény, nagy hátránya, hogy vegetatív úton, jelentős költségek mellett szaporítható. Az elmúlt években a Debreceni Egyetemen számos másik tanszékével, hazai kutatócsoportokkal és magáncégekkel folytatott együttműködések keretében több gyakorlatban is hasznosítható eredmény született. A Tanszék 2007-ben kezdte meg az olasz náddal kapcsolatos nemzetközi kutatásokat Prof. Dr. Márton Lászlóval és munkatársaival (University of South Carolina, Columbia-SC, USA). Ezt követte a Pro-Team Kft.-vel (Nyíregyháza) és az Újszentmargitán található Interest-Trade Kft. mikroszaporító laboratórium munkatársaival kialakított kooperáció. A 2008-2013 közötti időszakban Magyarországon kívül, az USA-ban, Olaszországban, Spanyolországban, Kínában, Romániában, Ukrajnában és Szlovákiában folytak a biotechnológiai módszerrel (*in vitro* klónozással) szaporított olasz nád szabadföldi termesztési kísérleteink.

A DE MÉK Növény Biotechnológiai Tanszék kutatásaiba kertészmérnök BSc szakos hallgatóként 2008-ban kapcsolódtam be. 2010-2011 közötti időszakban – MSc hallgatóként – lehetőségem volt az olasz náddal kapcsolatos biológiai, biotechnológiai, termesztéstechnológiai, különböző szaporítóanyag-előállítási és palántanevelési technológiák kutatás-fejlesztési munkáiban is részt venni. A 2012-2014 közötti időszakban további kutatásokat folytattam és szaktanácsadói munkát végeztem az olasz nád szaporítóanyag előállítással foglalkozó biotechnológiai vállalkozás, a MOP Biotech Kft. debreceni laboratóriumában és bérelt palántanevelőiben. Ezen időszak során több, mint egymillió olasz nád palánta szaporító anyagát állítottuk elő és exportáltunk elsősorban Olaszországba.

Tekintettel arra, hogy az olasz nád termesztésének és hasznosításának eddigi irodalmi forrásai nem hazai kísérleteken alapultak, úgy gondolom, hogy a faj piaci bevezetését megelőző tudományos összefoglaló munkám szélesítheti a potenciális biomassza növények skáláját. A hatékonyabb biotechnológiai módszerek kutatása és alkalmazása az olasz nád nagyüzemi termesztését és felhasználását segítheti elő. Széleskörű, több területre kiterjedő kutatási területeim főbb lépéseit az 1. ábrán mutatom be.



1. ábra: A disszertációm és a kutatásaim főbb területeinek bemutatása (2010-2016)

Forrás: saját szerkesztés, 2017

1. TÉMAFELVETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

Az utóbbi évtizedekben a biológiai, a biotechnológiai alap kutatások fejlődésének és a klímaváltozással is összefüggő kihívásoknak köszönhetően az Európai Unió, az USA és a Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezet (OECD) a *bioökonómia* (*bioeconomy* vagy *bio-based economy*) egyik kitüntetett fontosságú területét, a primer növényi alapanyagok (*feedstock*) minél hatékonyabb, megújítható előállítását és felhasználását szorgalmazta (MCCORMICK – KAUTTO, 2013). A világ legnagyobb növénygenetikai vállalkozásai kutatják a jövő biomasszáját előállító, speciális bioipari hasznosítást kiszolgáló, ún. *dedikált* biomassza növényeket. Négy óriás termetű fűféle, a vesszős köles, a cirok, a vad cukornád és a kínai nád legújabb, biotechnológiai és genetikai módszerek alkalmazásával történő előállítása és célzott molekuláris biológiai nemesítése folyik. A felsorolt növényfajok egyik nagy előnye, hogy magról (is) szaporíthatók, ezért az eddigi gazdasági számítások alapján versenyképesen beilleszthetők lesznek a jövő biomassza ellátó láncolatába (*biomass supply chain*) (CERES, 2016).

A dedikált biomassza növények másik csoportját a magról nem szaporítható fajok alkotják. Szaporító anyagának biotechnológiai úton történő előállításához új kutatási-fejlesztési eszközök alkalmazására és új üzemi termelési stratégiák kialakítására van szükség. Ezek számos gazdaságilag jelentős, vegetatív úton szaporított fajjal együtt hagyományos vegetatív, klónszaporítási módszerrel szaporíthatóak: tóosztással (pl.: évelő óriás fűfélék, csicsóka), dugványozással (pl.: eukaliptusz, nyárfa, fűzfa, kínai-, olasz- és cukornád), mikro- és makroszaporítással (pl.: kínai nád, olasz nád, cukornád). A biotechnológiai úton történő szaporítások közül legújabbban a szomatikus embriogenezis módszere került előtérbe (pl.: bambusz, olajpálma, banán, fenyőfélék, kávé, kakaó stb.) (FÁRI et al., 2014).

A géntechnológiai módszerrel módosított organizmusok (*genetically modified organism* – GMO) felhasználása körül kialakult ellentmondásos helyzet miatt szeretném megjegyezni, hogy a dolgozatban szereplő biotechnológiai úton történő szaporítási módszer, illetve az ezzel összefüggő kifejezések (*in vitro*, szomatikus embriogenezis, mikroszaporítás, klónozás stb.) nem géntechnológiai módszerrel történő előállítási technológiát jelentenek.

2010-2016 között végzett tudományos kutatásaimat egy vegetatív úton, klónozással szaporítható, ígéretesnek tűnő, óriás termetű, rizómás, évelő, lágyszárú növény, az olasz nád biotechnológiai úton történő szaporításának kérdései köré csoportosítottam. Az olasz náddal végzett kutatásaim fő és részletes céljai a következők voltak.

A biotechnológiai úton, szomatikus embriókról előállított olasz nád energianövényként történő termesztésének bemutatása és biomassza hozamának vizsgálata 2010-2016 között, a Debreceni Egyetem Jövő Növényei Biomassza Bemutató Kertben kisparcellás telepítésben, az alábbi részfeladatok szerint:

- a termesztéstechnológia elemeinek kutatása (talajelőkészítés, szaporítás, telepítés, ápolási munkálatok, öntözés, tápanyagutánpótlás, növényvédelem, betakarítás),
- a termésbiztonság vizsgálata, különös tekintettel a különböző olasz nád ökotípusok télállóságára,
- a különböző éghajlatról származó és különböző térállásban telepített olasz nád állományok növekedési sajátosságainak, biomassza hozamának többéves vizsgálata öntözetlen szabadföldi területeken, összehasonlítva a kínai nád (tudományos nevén *Miscanthus x giganteus*) és 'Burton SC' kukorica hibrid biomassza termésadataival,
- az olasz nád állományok hektáronkénti biomassza hozamainak összehasonlítása a szakirodalmi forrásokban elérhető biomassza hozamokkal,
- Magyarországról származó, téli fagyoknak jobban ellenálló olasz nád ökotípusok hagyományos vegetatív és *in vitro* körülmények között végzett szaporítási technológiáinak kidolgozása és azok értékelése.

A biotechnológiai úton, szomatikus embriókról felnevelt olasz nád szaporítóanyag-előállításának, hazai termesztésének és hasznosítási lehetőségeinek gazdasági elemzése.

2012-2014 között végzett kutatásaimat a hazai és nemzetközi szakirodalmi adatok, a növény szaporítóanyag előállítással foglalkozó külföldi és hazai cégek jelentései, a MOP Biotech Kft. (Nyíregyháza) által rendelkezésemre bocsájtott és általam gyűjtött adatok alapján végeztem, az alábbi részfeladatok szerint:

- az olasz nád különböző szaporítóanyag előállítási technológiák hatékonyságának összehasonlítása és azok értékelése,
- a leghatékonyabbnak vélt, nagyüzemi termelésre alkalmas, új biotechnológiai módszerrel történő szaporítóanyag-előállítási technológia költség-haszon elemzése,
- az olasz nád termesztésére javasolható termesztés technológiai elemeinek ismertetése az olasz nád termelésének költségei függvényében, az olasz nád hazai termesztésének költség-haszon elemzése,
- az olasz nád különböző hasznosítási lehetőségeinek eddigi legfontosabb eredményei, a szakirodalmi adatok értékelése és összehasonlítása más potenciális biomassza növények értékeivel.

A kutatásaim során az alábbi hipotézisekre kerestem a választ:

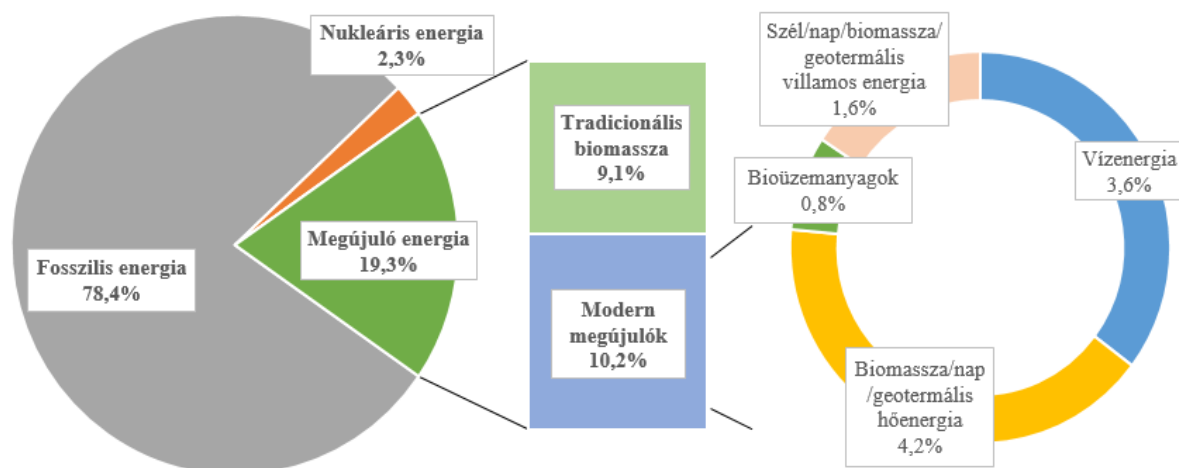
1. Az olasz nád megfelel a jövő biomassza növényeivel szemben támasztott biológiai, ökológiai, környezetvédelmi és ökonómiai követelményeknek.
2. Az új biotechnológiai módszerek alkalmazása (szomatikus embriógenézis) az olasz nád olcsóbb szaporítóanyag előállítását és termesztését eredményezi.
3. Az olasz nád hazai termesztése során elérhető biomassza hozamok meghaladják egy másik évelő, lágyszárú biomassza növény, a kínai nád hektáronkénti biomassza hozamait.
4. Az olasz nád bioenergiaként vagy bioipari nyersanyagként (biogáz, bioetanol) történő hasznosítása más biomassza növényekhez képest pozitív értékeket mutatnak.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A növényi biomassza termelés globális és hazai helyzetének áttekintése

2.1.1. Az energiafelhasználás és a megújuló energiaforrások helyzete a világban, az Európai Unióban és Magyarországon

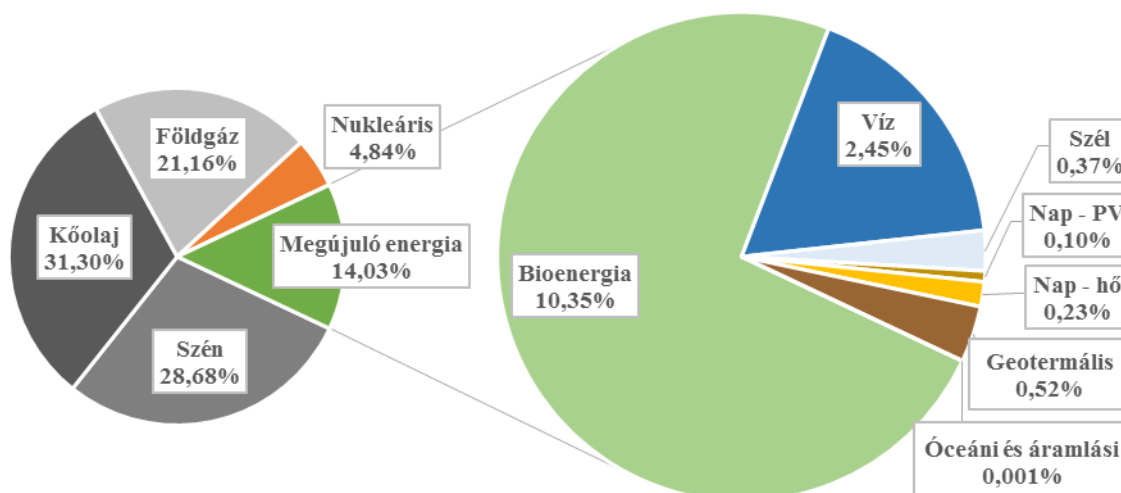
A 21. század második évtizedében azt tapasztaljuk, hogy globálisan az utóbbi évtizedekben a megújuló energiaforrások részesedése fokozatosan nőtt, de az emberiség energiaszükségletét még mindig a fosszilis energiaforrások biztosítják. A megújuló energiaforrásokkal foglalkozó szervezet, a *Renewable Energy Policy Network for the 21st Century* (REN21) jelentése alapján 2015-ben az energiaszükséglet 78,4%-át a fosszilis energiaforrások (kőolaj, szén, földgáz), 19,3%-át a megújuló energiaforrások és 2,3%-át a nukleáris energia biztosította. A „modern” megújulók 10,2%-ot (szél-, nap-, víz-, geotermikus-energia, bioüzemanyagok stb.), a tradicionális biomassza 9,1%-ot képviselt (2. ábra) (REN21, 2017).



2. ábra: A megújuló energiaforrások részesedése a világ energiafogyasztásából (2014)

Forrás: saját szerkesztés, Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21), 2017 alapján

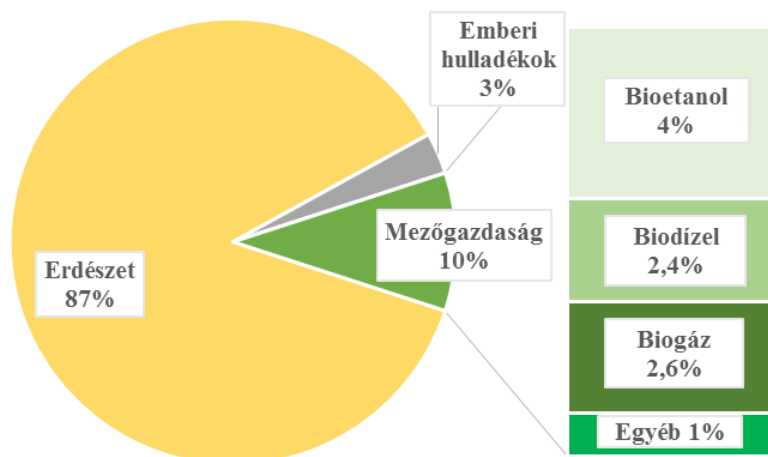
2014-ben a globális primer energia előállítás hőértékben kifejezve mintegy 573 exajoule (EJ) volt, amelyből végső felhasználásra 360 EJ jutott, mivel 37-38% a feldolgozásból, a disztribúcióból és az energiaipar saját felhasználásából származó veszteség volt. A megújuló energiaforrások kb. 14%-ot (80,7 EJ) szolgáltattak. Ennek 73,3%-át a bioenergia, 17,3%-át a víz-, 3,7%-át a geotermikus-, 3,2%-át a szél-, 2,4%-át napenergia és a maradék hányadot egyéb megújuló energiaforrásokból nyerték (3. ábra) (WBA, 2017).



3. ábra: Az egyes energiaforrások megoszlása a világ primer energiaellátásából (2014)

Forrás: saját szerkesztés, World Bioenergy Association (WBA), 2017 alapján

2014-ben a világon megújuló energiaforrásokból megtermelt közel 80,7 EJ energia 90-92%-át fűtésre, 5%-át közlekedésre, 3%-át villamos energia termelésre fordították. A különböző biomasszából származó primer energiafelhasználás 59,2 EJ volt, amelynek 87%-át az erdészet adta, főleg tűzifából (67%), faszénből (7%), feketelúgból (1%), újrahasznosított fából (6%) és egyéb erdészeti, faipari hulladékból (6%) származott. Az emberi hulladékok hasznosítása 3%-ban, a mezőgazdasági szektor 10%-ban járult hozzá, amelyből a bioetanol (4%), a biodízel (2,4%) és a biogáz előállítás (2,6%) jelentősége egyaránt növekszik (4. ábra) (WBA, 2017).



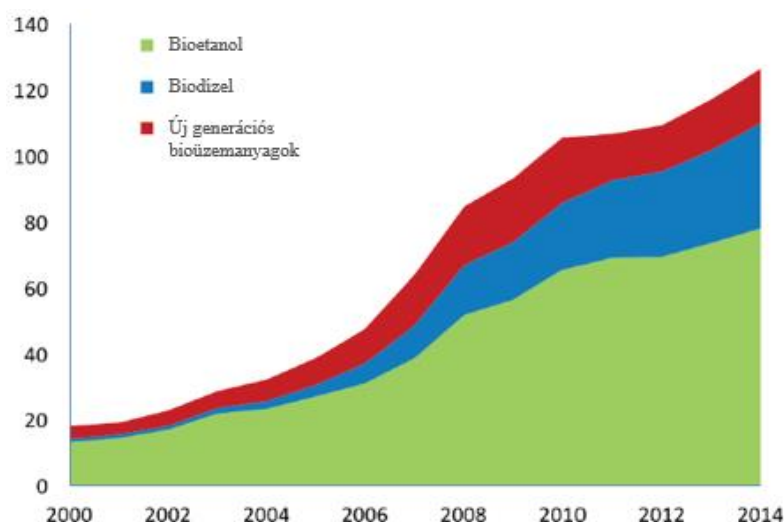
4. ábra: Biomasszából származó primer energiaellátás megoszlása a világban (2014)

Forrás: saját szerkesztés, World Bioenergy Association (WBA), 2017 alapján

2014-ben 493 terrawattóra (TWh) biomasszából származó villamos energiát állítottak elő globálisan, amely folyamatosan növekedik. Európa vezető szerepet tölt be a villamos áram termelésben, az EU-28 tagországán kívül (189 TWh), az USA (81,8 TWh) és Kína (57,4 TWh) a legnagyobb előállítók (WBA, 2017). 3,98 EJ biomasszát használtak fel csak villamos áram

fejlesztésre alkalmas üzemekben. A biomasszából tisztán villamos-áram előállítása nagyon alacsony hatásfokú (30-35%), ezért a kombinált, hő- és villamos energia előállítású üzemek a perspektivikusak. Ilyen erőművekben megközelítőleg 2,40 EJ biomasszát használtak fel (WBA, 2017).

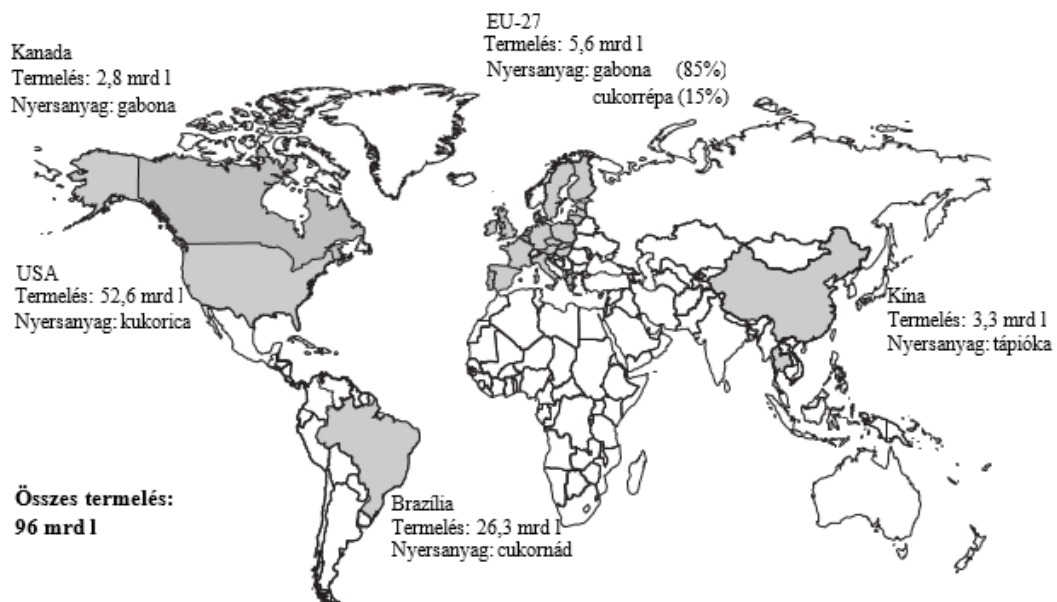
A klímaváltozás és az ÜHG kibocsátás mérséklése érdekében a közlekedésben a fosszilis üzemanyagok csökkentése és helyettesítését szolgáló alternatív technológiák szélesebb körű alkalmazása fokozatosan terjed. Ezek közül a bioüzemanyagok használata jelenleg 3-4%-ot képvisel a közlekedésben, amely a globálisan előállított bioenergia 7%-át jelenti (POPP et al., 2016). A bioüzemanyagok alacsony, de fokozatosan növekvő részesedését mutatja, hogy az előállításának volumene a 2000-es 18 milliárd liter termelési szintről 2014-re 126 milliárd literre emelkedett globális szinten (5. ábra) (WBA, 2017). 2014-2016 között az előállított folyékony bioüzemanyag legnagyobb részét a bioetanol (96 milliárd liter), a biodízel (34 milliárd liter) és egyéb újabb generációs hidrogenizált növényi olajok és cellulóz alapú bioüzemanyagok tették ki (OLÁH et al., 2017).



5. ábra: A világ bioüzemanyag előállításának alakulása 2000-2014 között

Forrás: World Bioenergy Association (WBA), 2017

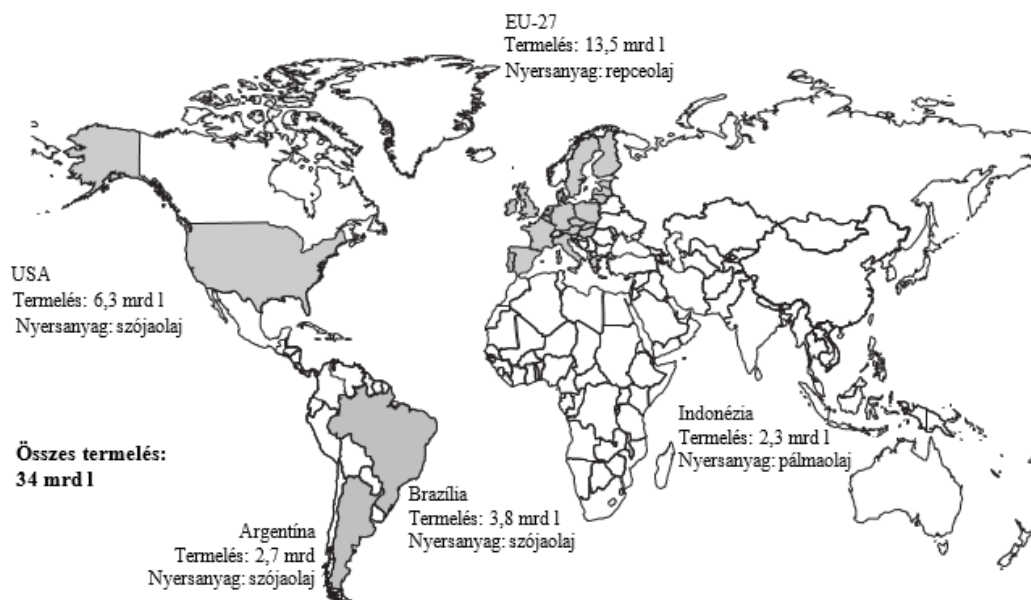
Az utóbbi években a világ mezőgazdasági területeinek 2-3%-át használták bioüzemanyag előállításra (30-35 millió ha), amelyhez a különböző országok eltérően járulnak hozzá (POPP et al., 2016). 2014-2016 között átlagosan 96 milliárd liter volt a globális bioetanol előállítás. Az USA és Brazília állította elő az összes bioetanol termelés közel 75%-át, utánuk Kína, az EU és Kanada a legjelentősebb bioetanol előállító ország (6. ábra) (POPP et al., 2018). 2014-ban globális szinten megtermelt kukorica 43%-ból (főleg USA-ban), cukornád 21%-ból (főleg Brazíliában), búza 2%-ból és a fennmaradó részt más gabonafélékből, cukorrépából és egyéb növényekből állították elő (WBA, 2017).



6. ábra: A világ bioetanol előállításának helyzete 2014-2016 közötti átlag

Forrás: saját szerkesztés, POPP et al., 2018 alapján

2014-2016 között a világon átlagosan megtermelt 34 milliárd liter biodízelből az EU, az USA, Brazília, Argentína és Indonézia a legnagyobb előállítók (7. ábra). A szükséges alapanyagot főleg a pálmaolaj és egyéb növényi olajok – szója, repce, napraforgó stb. – biztosította (POPP et al., 2018).



7. ábra: A világ biodízel előállításának helyzete 2014-2016 közötti átlag

Forrás: saját szerkesztés, POPP et al., 2018 alapján

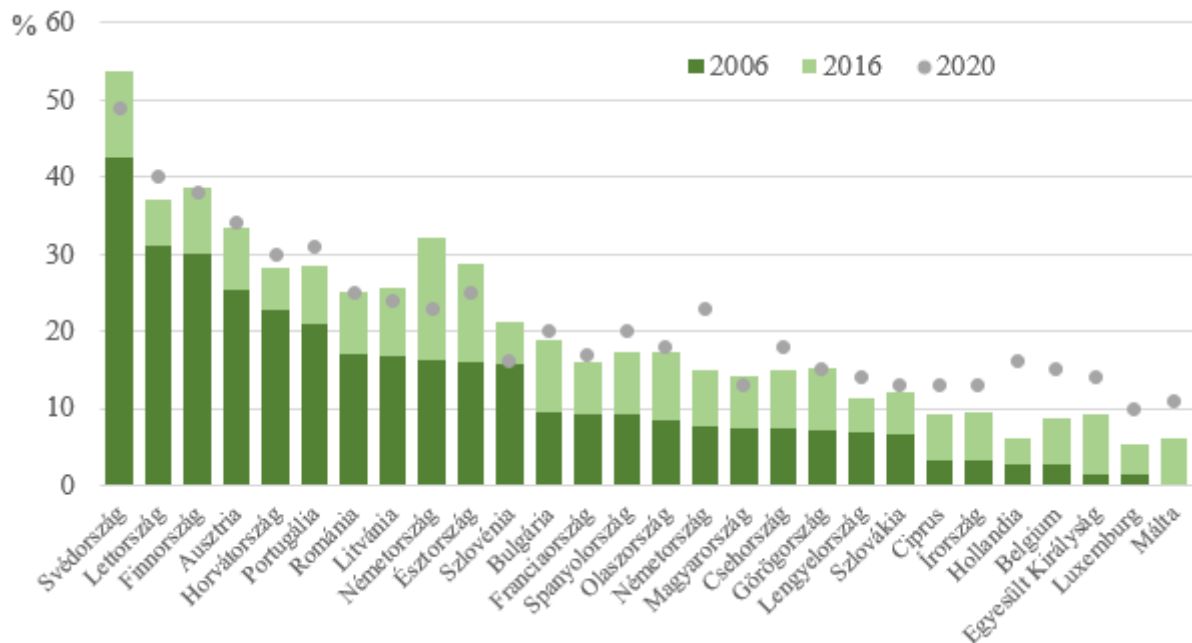
Az utóbbi évtizedekben a multifunkcionális, de korlátozott mennyiségben rendelkezésre álló termőföldért egyre inkább kiéleződött a verseny az élelmiszer-, takarmány-előállítás, a bioenergia és a bioüzemanyag célú termelés között. Az első generációs bioüzemanyag gyártás

során keletkezett melléktermékeket elsősorban takarmányozási célból, energia- és tápanyagforrásként hasznosítják, csökkentve a földhasználat mértékét. Ilyen a szárított gabonatönköly (*Distiller's dried grains with solubles* – DDGS), a kukorica glutén takarmány (*Corn Gluten Feed* – CGF), az olajpogácsa stb. (POPP et al., 2014). A melléktermékekből nyerhető fehérjék mennyisége 2014-ban 75,3 millió tonna volt. 2013-ban megközelítőleg 71,1 millió hektáron termesztettek bioüzemanyag és fehérje előállításához szükséges növényeket, amely leginkább a kukoricából (54,4%), a növényi olajokból (34%), a cukornádból (7%), a búzából (3%), a pálmaolajból (1,2%) és a cukorrépából (0,4%) származott. A felsorolt növényeket 66%-ban bioüzemanyagként (49% bioetanol, 17% biodízel) és 34%-át protein forrásként (24% DDGS, 10% olajpogácsa) használták fel (WBA, 2016).

Az utóbbi időszakban a bioüzemanyag előállításra alkalmas üzemek száma folyamatosan nő, a második generációs, lignocellulóz alapú bioetanol előállítás részesedése is növekszik. Ezek az üzemek leginkább az USA-ban (POET DSM és DuPont cégek üzei), Brazíliában (GranBio), Kanadában (Enerkem) és Európában (Göteborg Energi, Beta Renewables) találhatóak (POPP et al., 2016).

Biogáz előállítás különböző szerves anyagok – trágya, szennyvíz, mezőgazdasági melléktermékek stb. – anaerob lebontásával állítható elő. 2014-ban globális szinten 1,27 EJ energia állítottak elő biogázból (kb. 58,7 milliárd m³-t), amelyből az EU-28 állított elő 28,9 milliárd m³-t, a globális biogáz előállítás 49%-át, utánuk Kína vezető pozíciója meghatározó 15,0 milliárd m³-el. 2014-ben globális szinten kb. 52,2 millió tonna brikettet állítanak elő, legnagyobb részét Brazília, Nigéria, Etiópia és India termeli. A pellet előállítás az utóbbi években globális szinten kb. 28 millió tonnát tett ki. 2014-ban a vezető országok közé tartozik az USA (7,4 millió tonna), Németország, Kanada és Svédország. Az EU-28 tagországa közel 50%-át állítja elő a globális pellet termelésnek, de a megtermelt pellet 76%-át használja fel, a szükséges hiányt Amerikából importálja (WBA, 2017).

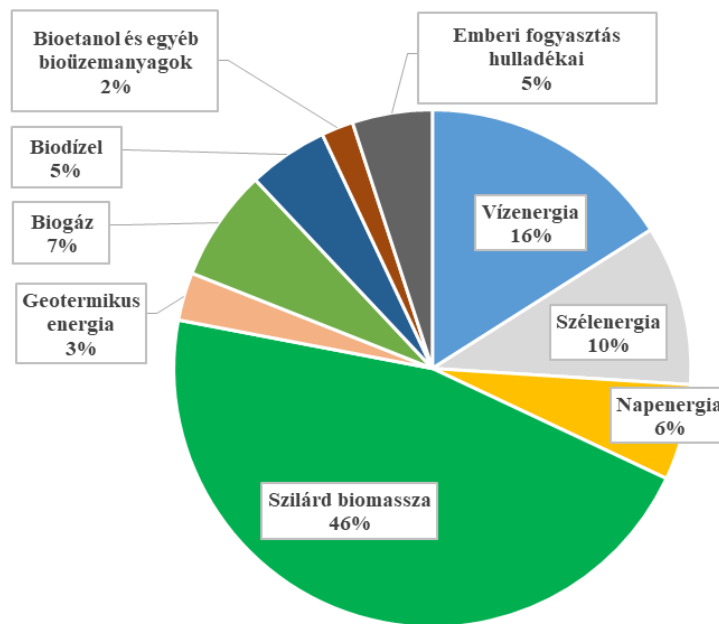
Az EU-28 tagországában állítják elő a globális primer energia 12%-át. Az Európai Környezetvédelmi Ügynökség (*European Environment Agency* – EEA, 2016) jelentése alapján 2014-ben az EU-ban a megújuló energia megoszlása a végső energia felhasználást tekintve elérte a 16 %-ot, amely az EUROSTAT adatai alapján 2016-ra 17%-ra emelkedett (EUROSTAT, 2018). A megújulók részesedése a végső energiafelhasználásból tagországokként igen eltérő. 2016-ban a legnagyobb arányú részesedés Svédországban (53,8%), Lettországonban (37,1%) és Finnországban (38,7%) volt, Luxemburgba, Máltán és Hollandiában azonban csak 6% körüli (8. ábra). 2016-ban a megújuló energiaforrásokból állították elő a villamos energia 29,6%-át, fűtéshez és hűtéshez szükséges energia 19,1%-át, a közlekedésben felhasznált energiaforrások 7,1%-át (EUROSTAT, 2018).



8. ábra: A megújuló energiaforrások megoszlása a végső energiafelhasználásból az Európai Unió tagországaiban (2006 - 2016)

Forrás: saját szerkesztés, EUROSTAT, 2018 alapján. Megjegyzés: Az oszlopok sötétzöld szakasza 2006-ban, a világoszöld szakasszal kiegészítve 2016-ban mutatja a megújuló energiaforrások részarányát a végső energiafelhasználásból. A szürke pontok a 2009/28/EK irányelv alapján előírt részesedési arányokat jelölik, amit az egyes tagországoknak teljesíteniük kell 2020-ra.

2014-ben a megújuló energiaforrásokból származó végső energiafogyasztásra 6,96 EJ (86,8 millió toe) energiát használtak fel az EU-ban, az összes megújuló energiafelhasználás 10-11%-át. Ebből a szilárd biomassza 46%, víz- 16%, szél- 10%, nap- 6%, geotermikus energia 3%, biogáz 7%, biodízel 5%, bioetanol 1%, egyéb folyékony üzemanyagok 1% és az emberi fogyasztásból származó hulladékok 5% részesedést tettek ki (9. ábra). Szilárd biomassza alapú iparág fűtésre 75,6 MToe, villamos energia előállítás céljából 8,6 MToe energiát állítottak elő. A bioüzemanyag felhasználás 5,5%-os aránya mintegy 11,9 Mtoe energiát jelentett a végső felhasználást tekintve (EEA, 2017).

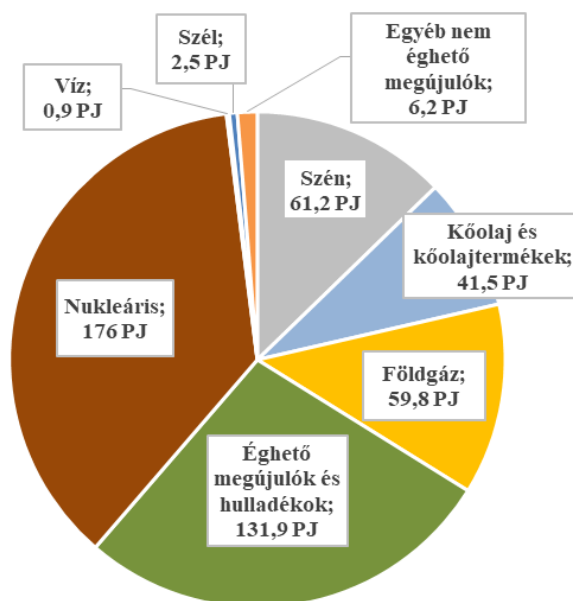


9. ábra: Az egyes megújuló energiaforrások megoszlása a végső energiafogyasztásból az EU-28 tagországában (2014)

Forrás: saját szerkesztés, European Environment Agency (EEA), 2017 alapján

Magyarországon a fosszilis energiahordozók kimerülésével (szén és szénhidrogének) egyre inkább nőtt a földgáz, az atomerőművekben termelt villamos-energia és a megújuló energiahordozók iránti felhasználás.

A Központi Statisztikai Hivatal (KSH) adatbázisa alapján a primer energia-felhasználás 2000-2008 között folyamatosan nőtt, a gazdasági világválságnak hatására 2009-ben 5,03%-al csökkent. Az utóbbi években a primer energia felhasználás hőértékben 1000-1 100 PJ között változott (KSH, 2018a). A hazai primer energiatermelés 2009-ig fokozatosan csökkent, az utolsó 5 évben átlagosan 477,9 PJ (SD±10,3), 2016-ban 480 PJ körüli volt. 2016-ban a megtermelt primer energiát a nukleáris energia (36,67%), a szén (12,75%), a földgáz (12,46%), a kőolaj és kőolajtermékek (8,65%), a víz- (0,19%) és a szélenergia (0,52%) biztosította. A maradék 27,48%-ot a biogáz, biomassza, kommunális és ipari hulladék, bioüzemanyag és 1,29%-át egyéb nem éghető megújulók adták (10. ábra) (KSH, 2018b).



10. ábra: Magyarország primer energiatermelésének megoszlása a különböző energiaforrások között (2016)

Forrás: saját szerkesztés, KSH, 2018b alapján

Az utóbbi 5 évben a végső energia felhasználás évente átlagosan 16 Mtoe (SD±0,66) volt, amelyből az egyes ágak részesedése a következőképpen alakult: lakosság 36,5%, közlekedés 23,8%, ipar 22,8%, kereskedelem és közcélú szolgáltatások 13,7%, mezőgazdaság, erdőgazdálkodás és halászat 3,3% (KSH, 2018c). Az utóbbi években a primer energia behozatal a hazai termelés közel dupláját, a kivitele pedig a termelés közel felét tette ki (KSH, 2018a).

Korábban szinte csak a fosszilis és az atomerőműi forrásokból történt a villamos-energia termelés, mára egyre inkább szerepet kapnak a megújuló energiaforrások is. 2016-ban a megújuló alapú villamosenergia-termelés aránya az összes villamosenergia-felhasználásból 7,2%-ot tett ki. Leginkább biomasszából (54,4%), szél- (21%), nap- (1,8%) vízenergiából (9,6%), szennyvíztelepi gáz, depóniagáz és egyéb biogázból (8,8%), illetve kommunális hulladékból (4,4%) származott (KSH, 2016d).

A megújuló energiaforrásokból és hulladékból termelt energia értéke az utóbbi években folyamatosan nőtt, 2000 óta 3,8-szeresére nőtt, 2016-ban elérte a 133,7 PJ (KSH, 2016e). A biomassza főleg a növénytermesztésből és az erdészetből származó melléktermékekből, állattenyésztésből, élelmiszeriparból, kommunális és ipari hulladékokból vagy kifejezetten erre a célra termesztett fás- és lágyszárú energianövényekből származott. Döntően hő-, kisebb mértékben villamos energia termelésre, biogáz-, illetve bioüzemanyag előállításra használják fel az alapanyagokat (KSH, 2016e).

2.1.2. A megújuló energiaforrásokkal szembeni előírások és irányelvek az Európai Unióban és Magyarországon

Napjainkban szinte az világ összes országának politikai célkitűzései között szerepel a megújuló energia használatának előmozdítása. Az Európai Unió 2020-ig tartó energia- és éghajlat politikai célkitűzéseinek keretében a 2009/28/EK irányelv előírja a megújuló energiaforrások megoszlásának növelését a végső energiafelhasználásban. EU-s szinten kötelező érvényű 20%-os részarány eléréséhez az egyes tagországok eltérő részesedéssel járulnak majd hozzá (8. ábra). A megújulók részaránya a közlekedésben minden tagállamnak egységesen, 10%-os megoszlással kell megjeleníteniük (EUROPEAN PARLIAMENT, 2009).

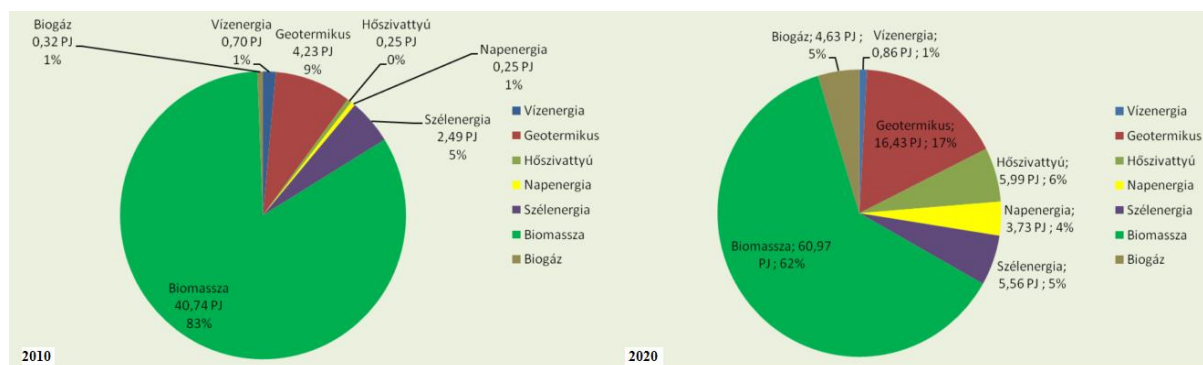
Az EU éghajlattal és energiapolitikájával kapcsolatos 2030-ig tartó célkitűzései között szerepel, hogy a megújuló energia részarányának növelése 27%-ra és az energiahatékonyság 27%-os javítását 2030-ra, továbbá az ÜHG kibocsátás csökkentését legalább 40%-al az 1990-es szinthez képest (EUROPEAN COMMISSION, 2014). Az (EU) 2015/1513 irányelve alapján 2020-ra azonban a hagyományos, első generációs bioüzemanyagok arányát 7%-ban maximalizálja a közlekedésben, de az Európai Bizottság 2017. évi javaslata szerint 2030 után 3,8%-ra kellene lecsökkenteni az élelmiszer- és takarmánynövényekből előállított bioüzemanyag bekeverési arányát (EUROPEAN PARLIAMENT, 2015; EUROPEAN COMMISSION, 2017).

Az ENSZ 21. klímacsúcsán mintegy kétszáz ország kötelezte el magát az éghajlatváltozás megelőzése és az emberi civilizáció védelme érdekében. A 2015. december 12-én elfogadott párizsi megállapodás célként fogalmazza meg a 1,5°C-os globális felmelegedési küszöbértéket 2030-ra. A megállapodás elköteleződést jelent a fosszilis energiahordozók arányának mérséklésére, a szén-dioxid-kibocsátás csökkentésére és a globális felmelegedés legfeljebb 2°C, de lehetőség szerint 1,5°C alatt tartására (COP21, 2016).

A „Nemzeti Energiastratégia 2030” c. kiadványában olvashatunk a magyar kormány 2030-ig terjedő energiastratégiájáról. Az ún. „Atom-Szén-Zöld forgatókönyv” célul tűzte ki az energiatakarékosságot, az energiafüggettség csökkentését, a megújuló energiaforrások lehető legnagyobb arányban történő felhasználását, a biztonságos atomenergia és ezen épülő közlekedés villamosítását. De nem mond le a fosszilis üzemanyagok (földgáz, szén) stratégiai szerepéről sem. Perspektivikusnak leginkább az erdészetből és mezőgazdaságból származó biomasszát, a geotermikus-, a termál- és a napenergia termelést tartja. A kiadvány szerint Magyarországon a potenciálisan 2 600-2 700 PJ megújuló energia áll évente rendelkezésre (jelenleg 1 000 PJ körüli az energiafelhasználás). A kalkulációk alapján a jövőben a napenergia potenciálisan 70%-os, szélenergia 20%-os, a biomassza 7,5-12%-os arányban részesülhetne,

ezekon kívül még a geotermikus- és vízenergia jöhet számításba (NEMZETI FEJLESZTÉSI MINISZTERIUM, 2012a).

Az EU-ban 2020-ra a megújuló energiaforrások részarányát a bruttó végső energiafelhasználásban közösségi szinten 20%-ra kell emelni, ezen belül Magyarországnak 13%-ot kell elérnie. Ugyanakkor „Magyarország megújuló energia hasznosítási cselekvési terve”, a 2020-ig terjedő megújuló energiahordozó felhasználás alakulásáról c. kiadványában (a továbbiakban Nemzeti Cselekvési Terv – NCsT) az olvasható, hogy a Magyarország ennél magasabb, 14,65%-os részesedést vállalt (NEMZETI FEJLESZTÉSI MINISZTERIUM, 2010). A 11. ábrán Magyarország megújuló energiaforrásainak megoszlása látható 2010 és 2020-ban a NCsT adatai szerint. 2010-ben hőértékben kifejezve a megújulók közel 49 PJ energiát szolgáltatottak, amelynek 83%-át (40,74 PJ) a biomassza felhasználása tette ki. A geotermikus energia 9%-ot (4,23 PJ), a biogáz, nap- és vízenergia 1-1-1%-ot (sorrendben 0,32 PJ, 0,25 PJ, 0,70 PJ), szélenergia 5%-ot (2,49 PJ), a hőszivattyúk használata szinte 0%-ot (0,25 PJ) képviselték a megújítható energiaforrások megoszlásában. 2020-ra, a kormány duplájára (98 PJ) szeretné a megújulók mennyiségét megnövelni. A geotermikus energiát 17%-ra (16,43 PJ), napenergiát 4%-ra (3,73 PJ), szélenergiát 5%-ra (5,56 PJ), hőszivattyúk használatát 6%-ra (5,99 PJ), biogázt 5%-ra (4,36 PJ), vízenergiát 1%-ra (0,86 PJ) kívánja megnövelni. A „modern megújulók” nagymértékű növelése a biomassza felhasználás 62%-ra való csökkentését eredményezi a 2011-es 83%-os részesedéshez képest. Hőösszegben kifejezve azonban a 2010-es 40,74 PJ-ről, 60,97 PJ-ra kívánja megnövelni a biomasszából származó energia nagyságát. NCsT tervezet szerint 2010-ben Magyarországon összesen 401 hektáron termesztettek fás szárú, 2 122 hektáron lágyszárú energianövényeket. Ezen területekről lekerülő biomassza tömege – 20 száraz tonna/ha átlaghozammal számolva – mintegy 50 ezer tonnára tehető. Ennek értelmében 2020-ra az energianövényekkel potenciálisan hasznosítható területek nagyságát 200 000 ha-ra tervezi megnövelni (NEMZETI FEJLESZTÉSI MINISZTERIUM, 2010).



11. ábra: Magyarország megújuló energiaforrásainak megoszlása a megújuló energia hasznosítási cselekvési terv alapján (2010 és 2020)

Forrás: saját szerkesztés, NEMZETI FEJLESZTÉSI MINISZTERIUM, 2010 alapján

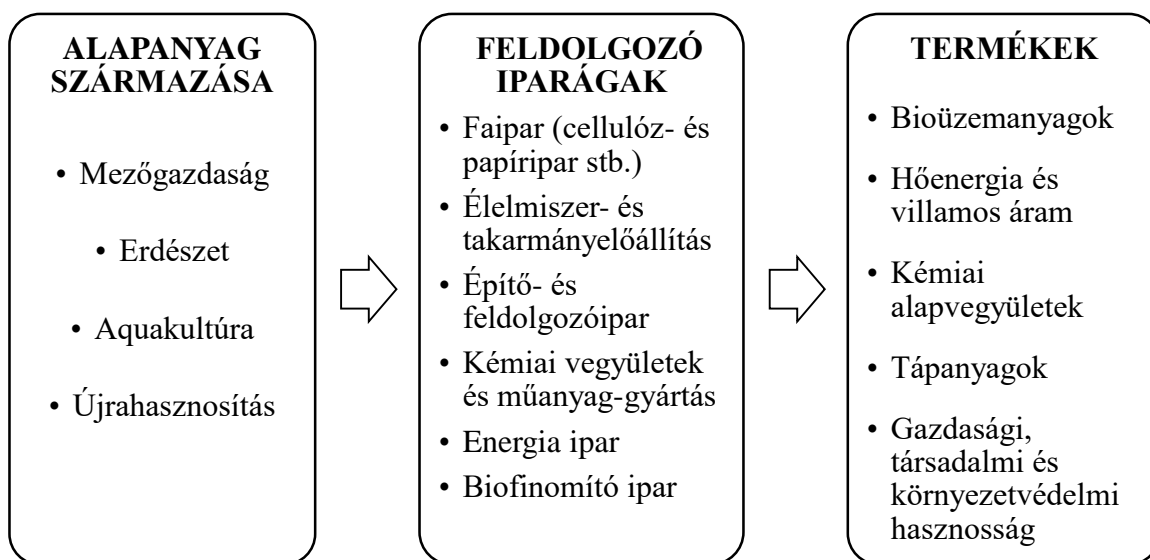
A KSH által kiadott Környezeti helyzetkép – 2013 tanulmányában azt olvashatjuk, hogy a 2012-ben a megújuló energiaforrások részesedése a teljes energiafelhasználásból mintegy 9%-ot tett ki (KSH, 2014), ezt követően a KSH statisztikai adatbázisából nem lehet információt gyűjteni az egyes energiaforrások részesedéséről a bruttó végső energiafogyasztáson belül. Erre vonatkozó adatokat a Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal (MEKH) tesz közzé, amely alapján 2012-ben 15,5%-os, 2016-ban 14,2%-os volt a megújulók részaránya (MEKH, 2018). Az ellentmondás abból adódik, hogy megváltozott a megújuló forrásokból előállított energia részarányának kiszámításának a módszertana, amely alapján a háztartási szektor tűzifa felhasználását veszik alapul, nem az erdészetből származó adatokat (NEMZETI FEJLESZTÉSI MINISZTERIUM, 2012b). A MEKH (2018) adatai alapján Magyarország az EU által és az NCsT-ben szereplő előírt értéket is teljesítette. 2016-ban a megújulók a fűtési és hűtési energiaszektorban 20,8%-ot, a villamos energiatermelésben 7,2%-ot, a közlekedésben 7,4%-ot képviseltek (MEKH, 2018). Az utóbbi értéket 2020-ra 10%-ra kell növelni, így az EU által előírt 2020-as célok még nem teljesültek maradéktalanul.

2.1.3. A bioökonómia jelentősége a növényi biomassza hasznosításban

A biomassza felhasználás évi növekedési üteme és a beruházások értéke az utóbbi 10-15 évben habár elmaradt más modern megújuló energiaforrásokhoz képest, még mindig a legnagyobb arányt képviselik a megújuló energiák hasznosításában (ANTAL, 2018). A nemzetközi és hazai tanulmányok tucatjai a megújuló energiaforrások alkalmazása területén, fenntartható megoldások sorában említik a biomassza különböző célú hasznosítását.

A bioökonómiai kutatások – a szerves anyagok termelésének és felhasználását célzó gazdasági elemzések – a megújuló energiaforrások hatékonyabban történő felhasználásának kérdéskörére fókuszálódik, szem előtt tartva ÜHG kibocsátásának csökkentését, a fosszilis energiafüggőség mérséklését, a természeti erőforrások fenntartható hasznosítását és az élelmiszerbiztonság növelését. E kutatások kiterjednek az élelmiszer-termelésen kívül a mezőgazdaság eredetű nem élelmiszer célra termesztett termékek- és a bioenergia előállításának területére, azok gazdasági, szociális és környezetvédelmi szempontok szerinti tanulmányozásra (12. ábra) (M'BAREK et al., 2014, HESS et al., 2016).

OECD (2009) *The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda* c. kiadványa felhívta a figyelmet a biológia, különösen a biotechnológia fejlődésével egy új terület, a bioökonómia jelentőségére. 2012-ben az Európai Bizottság *Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe* c. kiadott közleményét követően (EUROPEAN COMMISSION, 2012), számos EU tagország (Németország), az USA és más országok nemzeti stratégiái között is megjelent a bioökonómia kifejezése (MCCORMICK – KAUTTO, 2013).



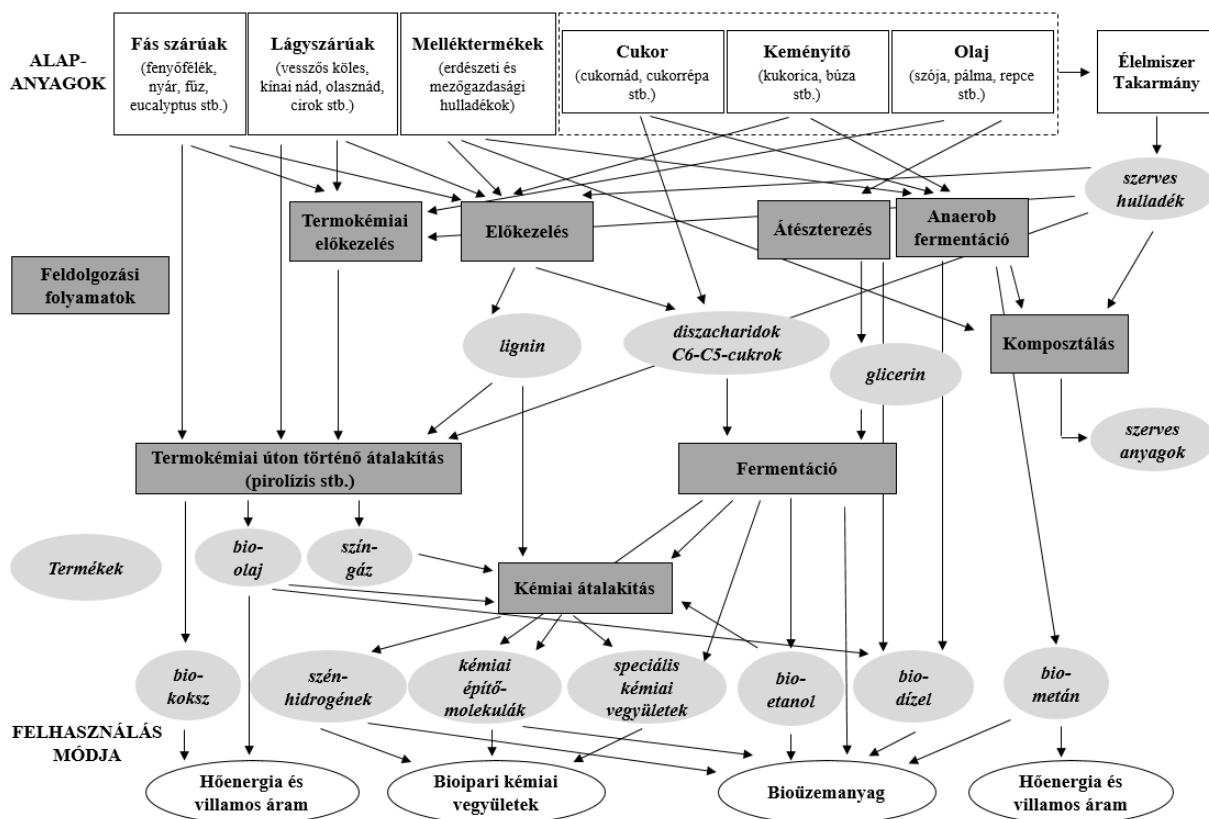
12. ábra: Bioökonómiai kutatások főbb területei, az alapanyagok származási helyétől a különböző termékek előállításáig

Forrás: saját szerkesztés, HESS et al., 2016 alapján

2012-ben Európában a bioökonómia 2 ezermilliárd eurós piaca, amely magába foglalja a mezőgazdaság, erdészet, élelmiszer, kémiai vegyületek és bioenergia területét már 22 millió munkahelyet teremtett (EUROPEAN COMMISSION, 2012).

A világon a rendelkezésre álló növényi biomassza igen sokrétű, különböző módon előkészíthetőek, feldolgozhatóak. A hasznosítás területén a technológiák által nyújtott lehetőségek sora egyre kifinomultabb eszközökkel, folyamatosan gyarapodnak. Ezt elősegítette a természettudományok és a biotechnológia fejlődése, melyek felhasználásával környezetkímélő technológiákkal a mezőgazdaság nem csak hatékonyabb élelmiszertermelésre lett képes, hanem új termékek előállítására is. Jelenleg az eltüzelésnek, a pirolizálásnak, a biogáz-, bioetanol- és a biodízel előállításnak van nagyobb jelentősége. A tüzelés és a villamos áram termelés esetén a kinyert érték alacsony, mert csak a biomassza energia-tartalmát hasznosítjuk, ezért a kutatások ma már a nagyobb hozzáadott értékű termékek előállítására fókuszálnak. Ma már a biomasszából a közlekedés célú bioüzemanyagokon felül, bioalapú műanyagokat, kémiai alapvegyületeket is előállítanak (13. ábra) (STICHNOTHE et al., 2016). Az ún. „zöld kémia” ipar (a kőolaj-alapú, vegyipari szintetikus alapanyagok kiváltása növényi, biomassza eredetű anyagokkal) még számos esetben azonban csak kísérleti szinten működik (FÁRI et al., 2014). A bioalapú kémiai ipar fő termékei jelenleg a nem élelmezési célú keményítő, a cellulóz-rost, az egyéb cellulóz-származék, a növényi olajok, a zsírsavak, a bioüzemanyagok, a citromsav és egyéb nélkülözhetetlen kémiai építőköveket, nagyobb

hozzáadott értékű végtermékeket lehet előállítani a felhasználó iparok számára (13. ábra) (STICHNOTHE et al., 2016).



13. ábra: A különböző növényi alapanyagokból előállítható termékek, azok feldolgozási folyamatai és hasznosítási lehetőségei

Forrás: saját szerkesztés, STICHNOTHE et al., 2016 alapján. Megjegyzés: A sötét szürke téglalapok az egyes feldolgozási folyamatokat, a világos szürke ellipszisek az előállított köztes- és végtermékeket jelölik.

A „*zöldkémia*” ipar a növénytermesztési, a vegyipari, a műszaki-mérnöki és a biotechnológiai kutatás-fejlesztés számára alapjaiban új stratégiák kidolgozását és az eddigieknél gyorsabb ütemű – akár nemzetközi együttműködésekben alapuló – fejlesztéseket követelnek. Természetesen figyelembe véve a környezetvédelem, az energia-, a biobiztonság és a gazdaságossági szempontokat egyaránt. Ezen célokat már számos, hazánk adottságaival összevethető, fejlett mezőgazdasági kultúrájú ország nemzeti innovációs programjában meg is találhatjuk (Dánia, Hollandia, Izrael stb.) (ANTAL et al., 2014a).

A bioüzemanyag előállítás szempontjából a biomassza-alapanyagok széles köre áll rendelkezésre, de ma még leginkább a bioetanol előállításához használt nagy keményítő- és cukortartalmú mezőgazdasági növényeket (elsősorban kukorica, cukornád) és a biodízelgyártásban használt olajnövényeket (elsősorban szója, repce) használnak fel. Azonban

egyre növekszik a cellulóz-alapú mezőgazdasági és erdészeti melléktermékekből, hulladékokból, a kifejezetten erre a célra termesztett fás- és lágyszárú energianövényekből és az algából előállított bioüzemanyagok aránya (13. ábra) (POPP et al., 2016).

STICHNOTHE et al. (2016) alapján a második generációs, cellulóz-alapú biofinomító üzemek termelési költségei azonban ma még sokkal magasabbak, mert az alapanyagok előkezelésére van szükség, a cellulóz, a hemicellulóz és a lignin szétválasztására, amelyhez több energia és kémiai vegyület szükséges. A keletkezett melléktermékek hasznosítása még nem megoldott, az első generációs bioüzemanyagokkal ellentétben nem keletkeznek a takarmányipar számára nélkülözhetetlen energia- és fehérjeforrások. A fermentációs folyamatokhoz szükséges hatékony cellulóz bontó enzimek költsége még meghatározó, de az utóbbi időszakban a kutatás-fejlesztési munkáknak köszönhetően egyre inkább nem jelentenek nagy problémát (STICHNOTHE et al., 2016).

Az alacsony fosszilis energiahordozó árak a bioalapú kémiai iparnak és polimer-gyártásnak sem kedveznek, ezen iparágak is még napjainkban számos problémával küzdenek (MÜLHAUPT, 2013). A bioalapú műanyagipar piaca várhatóan emelkedni fog az elkövetkező időszakban (STICHNOTHE et al. 2016).

Bioipari nyersanyagok hasznosításának területén a legnagyobb értéket, akkor állíthatunk elő, ha a biomasszából takarmány- és élelmiszer-összetevőket, gyógyszereket és egyéb gyógyászati termékeket állítunk elő, vagyis nem csak az energia-tartalmát hasznosítjuk, hanem építőköveit és a tápértékét is (LANGE – LINDEMAN, 2016).

A jövőben ezen a területen egy potenciális irány lehet még a növényi biomasszából származó levélfehérje-koncentrátumok előállítása (*Leaf Protein Concentrate* – LPC) és a folyamat során keletkezett melléktermékek hatékony hasznosítása (FÁRI – POPP (szerk.), 2016). Hazánkban a „zöld kémia” ipar egyik megálmodója egy magyar gépészmérnök, a biotechnológia fogalom atyja Ereky Károly (1878-1952) volt. Számos globális stratégiai jelentőségű, élelmezéssel, mezőgazdasági termeléssel és biotechnológiával kapcsolatos projekt mellett a zöld növényi biomasszából nyerhető levélfehérje előállítási technológiák alapjainak kidolgozását végezte el Magyarországon 1926-1933 között (EREKY, 1925). Ereky Károly örökségének folytatásaként ezen a területen 2001-2004 között a Debreceni Egyetemen folytattak új LPC kutatások, amelyet az utóbbi években tovább folytatták. Az elvégzett kutatási munkák eredményeképpen megállapították, hogy az általuk kifejlesztett MWC technológiával (*MicroWave Coagulation*) előállított lucerna levélfehérje koncentrátum esszenciális aminosav-mennyisége 10-45%-kal volt magasabb, mint a szójáé. Sőt a beltartalmi mutatók is jobbák voltak az extrudált szójadaráénál (FÁRI et al., 2015, POPP et al., 2015).

Az utóbbi időszakban azonban újra a kutatások középpontjába került az egyik stratégiai jelentőségű ipari nyersanyag, a cellulóz. Kifejezetten lignocellulóz alapanyagok előállítása céljából termesztett növények széles skálája áll rendelkezésre. Ilyenek az ún. dedikált cellulóztermelő növények, az óriás termetű évelő rizómás fűfélék vagy félcserjék és az évelő fás szárú, dedikált lignocellulóz-fajok (akác, nyár, fűz stb.). Nem csak étetésre alkalmas, hanem termokémiai úton is feldolgozható. Az ezekből kapott nagy tömegű, koncentráltan előállítható bioipari nyersanyagból keményítőt, amilózt (25-35%), glükózt (65-75%) és más kémiai alapvegyületeket állítanak elő különböző zöldkémiai technológiákkal (pl.: enzimátikus biológiai átalakítással és mikrobiális fermentációs folyamatokkal). A növekvő biomassza alapú iparág igényeinek kielégítése érdekében szükség van a kiválasztott növényfajok költséghatékony, akár nagyüzemi méreteket kiszolgáló előállítására, amely ma már a biotechnológia valamely hatékonyabb módszerével (*in vitro* úton) is lehetséges (FÁRI et. al., 2014).

2.1.4. A mikroszaporítás gazdasági helyzete és az in vitro szaporítóanyag-előállítás termelési költségeinek alakulása

Napjainkban a vegetatív klónozással szaporított növényfajok száma ezres nagyságrendű, az így termeszthető fajták száma akár százezres nagyságrendű is lehet. A vegetatív szaporítási módszereket a növényi biotechnológia mintegy ötven éve kutatja. Így született meg az *in vitro* – steril körülmények között történő – mikroszaporítás is. Az utódnövények különböző összetételű táptalajon történő szaporításának és tenyésztésének folyamatát jelenti szabályozott fizikai paraméterek mellett. A folyamat során a növény vegetatív szerveiből (rügy, merisztéma), szöveteiből és sejtjeiből steril, szabályozott feltételek között végzik a növények előállítását, valamely növényi részből történő regenerálását. Az utóbbi években a laboratóriumok ezreiben évente egymilliárdnál nagyobb számban állítottak elő növényi klónokat különböző *in vitro* szaporítási módszerek segítségével (FÁRI et al., 2014).

Az elmúlt évtizedekben a mikroszaporító iparág jellemzője volt a nagy kézimunkaerő igény, a termelési költségek 70-75%-át kitevő résszel, amely a szaporítóanyag árát jelentősen drágítja. Ezen kívül számos műszaki-biológiai probléma miatt az *in vitro* mikroszaporítás ma még sok faj esetében nem versenyképes a hagyományos vegetatív szaporítással szemben (ADELBERG – FÁRI, 2011).

A mikroszaporító technológiák hatékonyságának jellemzésekor alapvető a különböző munkafolyamatokra vonatkozó teljesítmény-mutatók megállapítása. Minden kultúrára érvényes adatok nem adhatók meg, mert az elérhető teljesítmények a szaporított növény fajtól

és fajtától, a teljes termelni kívánt mennyiségtől, a kiadások ütemezésétől, a technikai háttértől, a választott technológiától és a begyakorlottság mértékétől is függnnek.

Egy átlagos, virológiai vagy egyéb tesztelést nem igénylő mikroszaporításból származó palántára jellemző, hogy Európában a termelési költségek 50-55%-át a bér és járulékaik, az anyagjellegű költségek 10%-ot, az energiaköltségek 15%-ot tesznek ki megközelítőleg. Ez az arány a legtöbb vizsgált országban hasonló, mivel a mikroszaporítás nem tartozik a jól fizetett tevékenységek közé. E tényező miatt a tömegszaporítást végző laboratóriumok egy részét a fejlődő országokba telepítették át a versenyképesség növelése érdekében. A piaci ár kialakításakor a további költségeket is számításba kell venni: a szűkített önköltséghez hozzászámítandó az általános költség, a piaci viszonyoktól függő nyereség, az ÁFA, valamint a licencdíj. Ez utóbbiról meg kell említeni, hogy ma már a kertészeti növényfajták többsége védett, azaz a szaporítás csak a fajtatulajdonossal történő licenc-megállapodás keretében törvényes és minden előállított palánta után licencdíjat kell fizetni. Ellenkező esetben fajtaborlás miatt bírósági eljárás is kezdeményezhető (TÓTH, 2005).

Másként alakul a vírus és kórokozó-mentesítési folyamaton átesett, többször tesztelt növények termelési értéke és piaci ára. Meghatározó tényezővé válik a tesztelési költség. Saját diagnosztikai készlet használatával akár tizedére is csökkenthető ennek a költsége a vásárolt diagnosztikai eszközhöz képest. Így már akkor megéri saját diagnosztikai készletet előállítani vagy megbízással előállítani, ha 10 éven belül 7 500-nál nagyobb mintaszámú tesztelésre van szükség (TÓTH, 2005; TÓTH, személyes közlés, 2009).

Áttekintve a témához kapcsolódó releváns szakirodalmat úgy tűnik, hogy a mikroszaporító üzemi adatok beintegrálódtak a szaporítóanyag termelésbe, mert külön kimutatásokkal az elmúlt 10 év tudományos közleményeiben már nem találkozhatunk.

A növényi biomassza és energianövények előállítása területén az *in vitro* szaporításra az egyik jó példa a cellulóz- és/vagy faszén-, facsipsz-termelő Eucalyptus vagy a cukornád-klónfajták előállítása (FÁRI et al., 2014). Az utóbbi években 12 millió hektárt meghaladó Eucalyptus klónültetvényt telepítettek világszerte, amelyből Braziliában 5 millió ha feletti ültetvényfelület van (da SILVA et al., 2016).

A mikroszaporító ágazat nagy kézimunkaerő csökkentése érdekében a kutatások egyrészt a növények *in vitro* neveléséhez szükséges tenyésztőedények automatizálásának, a folyadék kultúrát használó speciális mikroszaporító berendezések (bioreaktorok) fejlesztésének, másrészt a hatékonyabb szaporítási módszerek, eljárások kidolgozásának irányába indultak el (ANTAL, 2009, 2011).

A hagyományos, agar-aggarral szilárdított táptalajokhoz képest a mikroszaporító bioreaktorokban használt folyékony táptalaj segítségével a növények többsége gyorsabban és

egészségesebben képes fejlődni. A szaporítás automatizálásával előmunka ráfordításokat csökkenteni lehet, azáltal, hogy a teljes tenyésztési folyamat egy menetben is történhet ugyanabban a tenyésztőedénybe, csökkentve a növények passzálására fordított munkaidőt, a szükséges beavatkozások számát. A szaporítóanyag előállítása így idő-, élőköltség- és költségtakarékosabban is lehetséges (ANTAL, 2009, 2011; ADELBERG – FÁRI, 2011).

Az egyik nagyüzemi, hatékonyabb szaporítóanyag előállítási módszerek közül a *szomatikus embriogenezis* módszerével történő *in vitro* szaporítás az utóbbi évtizedekben újra a kutatások fókuszába kerültek. A folyamat során *in vitro* körülmények között, testi sejtekből indukálnak embriókat (szomatikus embriók), amelyekből a felszaporítást követően teljes növényt regenerálnak megfelelő összetételű táptalajon. A szomatikus (testi) sejtekből embriogenezis útján létrehozott növényeket *szomatikus palántáknak* is nevezhetjük. Az eljárásnak elsősorban fenyőfélék, kávé, kakaó, bambuszfélék, egyszikű lágyszárú fűfélék, olajpálma stb. esetén van gazdasági jelentősége (FÁRI et al., 2014).

Újszerűségére és nemzetközi jelentőségére való tekintettel a szomatikus palánta témakörre az olasznáddal kapcsolatos kutatásaim bemutatásában visszatérek.

A *szomatikus embriogenezissel* szaporított nagyüzemi termesztésre egy példa a Nestlé R&D Center (Tours) cég kutatói által, a robusta kávé (*Coffea canephora*) szaporítására kidolgozott módszer. Három év során 17 klónból kiindulva mintegy 46% embrió csíráztatási hatékonyságot értek el és 2006-ban Thaiföldön 600 000 db szomatikus palántát ültettek ki szabadföldre. A szomatikus embriószaporító laboratórium kapacitása 1 000 000 db akklimatizált szomatikus palánta/év volt. 1 gramm embriogén kalluszból, 150-200 000 db szomatikus embriót, majd 50 000 db szomatikus palántát tudtak előállítani egy 4-6 hónapos termelési ciklus alatt (DUCOS et al., 2007).

A lágyszárú, évelő, rizómás fűfélék – cukornád, cirok, olasz nád, kínai nád stb. – körében az üzemi léptékű klónszaporítás a bioenergia korszak beköszöntével kapott különösen nagy jelentőséget (YOUNGS – SOMERVILLE, 2012). Az olasznádra és a kínai nádra kidolgozott szomatikus embriókat alkalmazó rendszerek (TÓTH – MIX-WAGNER, 1998; BACHER et al., 2001; MÁRTON – CZAKÓ, 2002a, b, c, TAKAHASHI et al., 2010; DALTON et al., 2013 stb.) biológiai feltételei részben már kidolgozottak, és/vagy bizonyos részeik termelésben is reprodukálhatók. Azonban sem az olasz nád, sem a kínai nád szomatikus embriogenezisének alapuló klónszaporításról, megvalósult üzemméretéről, termelési kapacitásáról kevés az értékelhető publikált információ.

2.1.5. A jövő biomassza növényeivel szemben támasztott követelmények

A biomassza ellátási lánc első eleme az előállított termék alapanyagának előállítása, azon belül is a kiválasztott biomassza növény szaporítóanyagának kiválasztása. A jövő biomassza növényeivel szemben követelmény, hogy a gazdaságok ne csökkentsék az emberi tápláléklánc primer inputját, azaz ne vonjanak el területeket az élelmiszer és takarmány előállítás elől. *Cél, hogy környezetbarát módon nagyobb hozzáadott értékű, piacképes ipari alapanyagot és/vagy végterméket állítsunk elő fenntartható módon.* Azonban az iparszerű biomassza-termelést a jövőben nyilván úgy fogják megszervezni, hogy egy adott fajt/fajtat mindig a számukra leginkább megfelelő ökológiai, biológiai, gazdasági és társadalmi környezetben kell és/vagy lehessen majd termeszteni.

Annak érdekében, hogy a sokrétű körülményt a különböző fajok esetében összehasonlíthassuk, számos kritikus pontot és tényezőt szükséges számításba venni. Az 1. táblázat foglalja össze különböző szempontok alapján, hogy milyen tulajdonságokkal kellene rendelkeznie a jövőben egy optimális energia és/vagy biomassza növényi kultúrának – természetesen a szűkebb mérsékelt égövi régióink adottságait is figyelembe véve.

1. táblázat: A jövő biomassza növényeivel szemben támasztott követelmények

| Tulajdonságok | Megjegyzés és kiegészítés |
|--|---|
| Környezetvédelmi szempont | |
| évelő kultúra | csökkentve a talajművelési beavatkozásokból származó ÜHG kibocsátást |
| talajkímélő | egyes évelő, lágyszárú fajok képesek javítani a talaj termékenységét a rizoszféra helyreállításával |
| alacsony energiafelhasználás | csökkentve a termelés energiaigényét és az ÜHG kibocsátást |
| ne legyen invazív se vegetatív, se generatív értelemben | bioszférához való jó alkalmazkodás és hozzájárulás |
| pollenmentes | ne okozzon a virágzása allergiát |
| organikus termelésre való alkalmasság | biológiai kórokozók, kártevőkkel szembeni alacsony kitettség, természetes élőhelyek biztosítása |
| Gazdasági szempont | |
| élelmiszertermelésre nem alkalmas, marginális területeken való termeszthetőség | egyes évelő, lágyszárú fajokat időszakosan elárasztott, sós, nehézfémekkel, toxikus anyagokkal szennyezett területeken is lehet termeszteni |
| sovány, savanyú, rossz termőképességű talajokon való termeszthetőség | kedvezőtlenebb körülmények között is akár évente adjon megfelelő mennyiségű biomasszát |
| tömegszaporítás lehetősége biotechnológiai módszerekkel | molekuláris és hagyományos nemesítési lehetőségek és ezek kombinálhatósága |
| termesztése alacsony fenntartási költséggel | ne igényeljen feltétlenül öntözést, tápanyag-utánpótlást, növényvédelmi és gyomirtási beavatkozásokat |

| | |
|--|--|
| szélsőséges klimatikus viszonyokkal szembeni ellenálló képesség | hozambiztonság, mérsékelt égvön fagyálló legyen, szárazságtűrő |
| ősszel-télen juttassa vissza a talajban a tápanyagokat, hogy a „cellulózváz” kerüljön betakarításra | biztosítva a következő évi kihajtáshoz szükséges tápanyagokat, amellyel a tápanyag-utánpótlással járó költségek csökkenthetőek; a felesleges víztartalom pedig növeli a szállítási és feldolgozási költségeket |
| az éves átlagos biomassza hozama haladja meg a 15-20 száraz tonna/ha-t, akár marginális területeken is | tavasszal minél korábban induljon meg a fejlődés, hogy a rövidebb tenyészidőszak, rosszabb termőképesség vagy kedvezőtlen klimatikus viszonyok ellenére is nagy biomasszát tudjon előállítani |
| ne igényeljen extra- és/vagy új betakarítási technológiát | jelenleg használt mezőgazdasági gépek alkalmazhatósága |
| kisebb területeken vagy a felvevőpiac 20-30 km-es körzetében is gazdaságos legyen a termesztése | magas hektáronkénti biomassza hozam, másod- és harmadlagos hasznosítási lehetőségek: rost, biológiai értékű fehérje-forrás, mézelőképesség stb. |
| hasznosítási lehetőségekhez illeszkedve megfelelő kémiai összetétellel rendelkezzen | összetétele megfelelő agrotechnika alkalmazásával vagy nemesítéssel tovább specifikálható |
| feldolgozása legyen költséghatékony, különleges módszerek alkalmazása nélkül | tárolása egyszerű módszerekkel megoldható legyen, akár éveken át, égetéskor fával keverhető legyen, ne okozzon a kazánokban üvegesedést |

Forrás: saját szerkesztés CEOTTO – DI CANDILO, 2010, FÁRI et al., 2014 és ANTAL et al., 2015 alapján

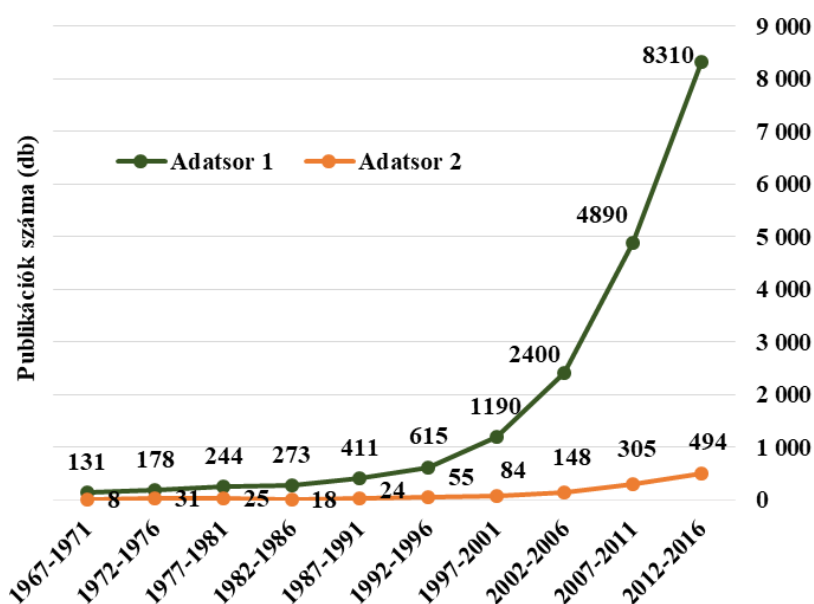
A jövő zöldenergia termelését kiszolgáló, bioipari előállításra potenciálisan 80 faj alkalmas, a ma még inkább különlegesnek számító növények száma azonban nagyon kevés, illetve tökéletes fajták még hiányoznak. Annak ellenére hiányoznak még, hogy a biomassza ellátó láncolatban az év minden napján kell biomasszát feldolgozni, a betakarítási, szállítási, tárolási veszteségek és költségek minimalizálásával. Ráadásul, más és más biomassza és bioipari növény termelhető trópusi és mérsékelt klíma mellett (ANTAL et al., 2015).

Számos szakirodalmi forrás a gazdaságilag is hasznosítható évelő, lágyszárú biomassza növények között az egyik perspektivikus fajnak az *olasznádat* tartják. A továbbiakban a disszertációm fő kutatási témája, a lignocellulóz-alapú biomassza ipar egyik ígéretesnek tűnő energia és/vagy biomassza növénye, az olasz nád kerül részletes bemutatásra.

2.2. Az olasz nád, mint a jövő egyik ígéretes bioipari növénye

2.2.1. Kutatások jelentősége

Az olasz náddal foglalkozó irodalmak és kutatások-fejlesztések intenzitását, időben történő kiterjedését a mai szakirodalmi adatbázisok segítségével jól lehet jellemezni. A növényvel foglalkozó közlemények összes száma több mint 16 000 db a Google Scholar adatbázisa alapján (2018. augusztus 18. állapot), amelyből megközelítőleg 1 420 db közlemény címében szerepel a növény tudományos neve ("giant reed" OR "arundo donax"). A növény iránti érdeklődés tendenciáját mutatja be a 14. ábra, amely az elmúlt 50 év olasz náddal foglalkozó közleményeik számát ábrázolja 1967-től napjainkig 5 éves periódusokban. Az elmúlt 50 évben a növényvel kapcsolatos publikációk száma fokozatosan nőtt, 1992-1996 között szinte megkétszereződött, amely tendencia jellemző volt az utóbbi időszakokra is (14. ábra).

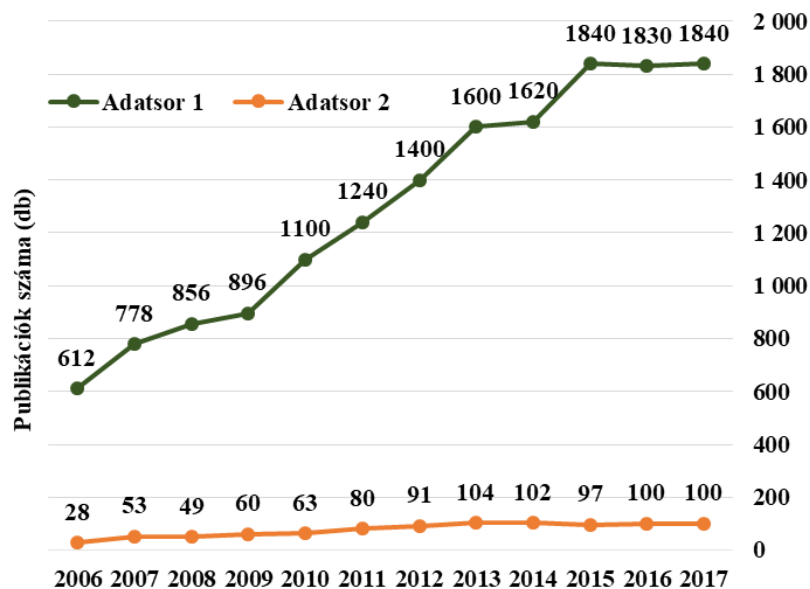


14. ábra: Az olasz náddal kapcsolatos közlemények száma „Arundo donax” vagy „giant reed” kereső kulcsszó alapján 1967-2016 között

Forrás: saját szerkesztés a Google Scholar adatbázisa alapján, 2018. augusztus 18. állapot.
Megjegyzés: Adatsor1: „Arundo donax” vagy „giant reed” szókifejezést tartalmazó publikációk száma.
Adatsor2: a közlemény címében tartalmazza az „Arundo donax” vagy „giant reed” szókifejezést.

A 15. ábra mutatja be az utóbbi 10 évben évenkénti bontásban a növényvel foglalkozó közlemények számát a Google Scholar adatbázisa alapján (2018. augusztus 18. állapot). 2006 és 2017 között az olasz náddal foglalkozó közlemények száma több mint 14 800 db, amelyből mintegy 927 db publikáció címében szerepel a növény neve. 2012 óta évente több mint 90 db közlemény található az adatbázisba, amelynek a címében megtalálható a növény neve (15.

ábra). Az utóbbi tizenkét év publikációiban a „biomass” kifejezést megközelítőleg 8100, az „energy” 8470, a „propagation” 2460, az „in vitro” 1740, a „biofuel” 5200, a „biogas” 1530, a „music” 876, az „invasive” 4110, a „phytoremediation” 1160 db és a „bioeconomy” 305 db növényrel foglalkozó publikáció tartalmazta. A hozzáférhető számos szakirodalmi forrásból a disszertációban kb. 230 db növényrel kapcsolatos publikáció került bemutatásra a felhasznált közel 300 db szakirodalmi forrásból.



15. ábra: Az olasznáddal kapcsolatos közlemények száma évenként az „Arundo donax” vagy „giant reed” kereső kulcsszó alapján 2006-2017 között

Forrás: saját szerkesztés a Google Scholar adatbázisa alapján, 2018. augusztus 18. állapot.

Megjegyzés: Adatsor1: „Arundo donax” vagy „giant reed” szókifejezést tartalmazó publikációk száma.

Adatsor2: a közlemény címében tartalmazza az „Arundo donax” vagy „giant reed” szókifejezést.

2.2.2. Általános bemutatás

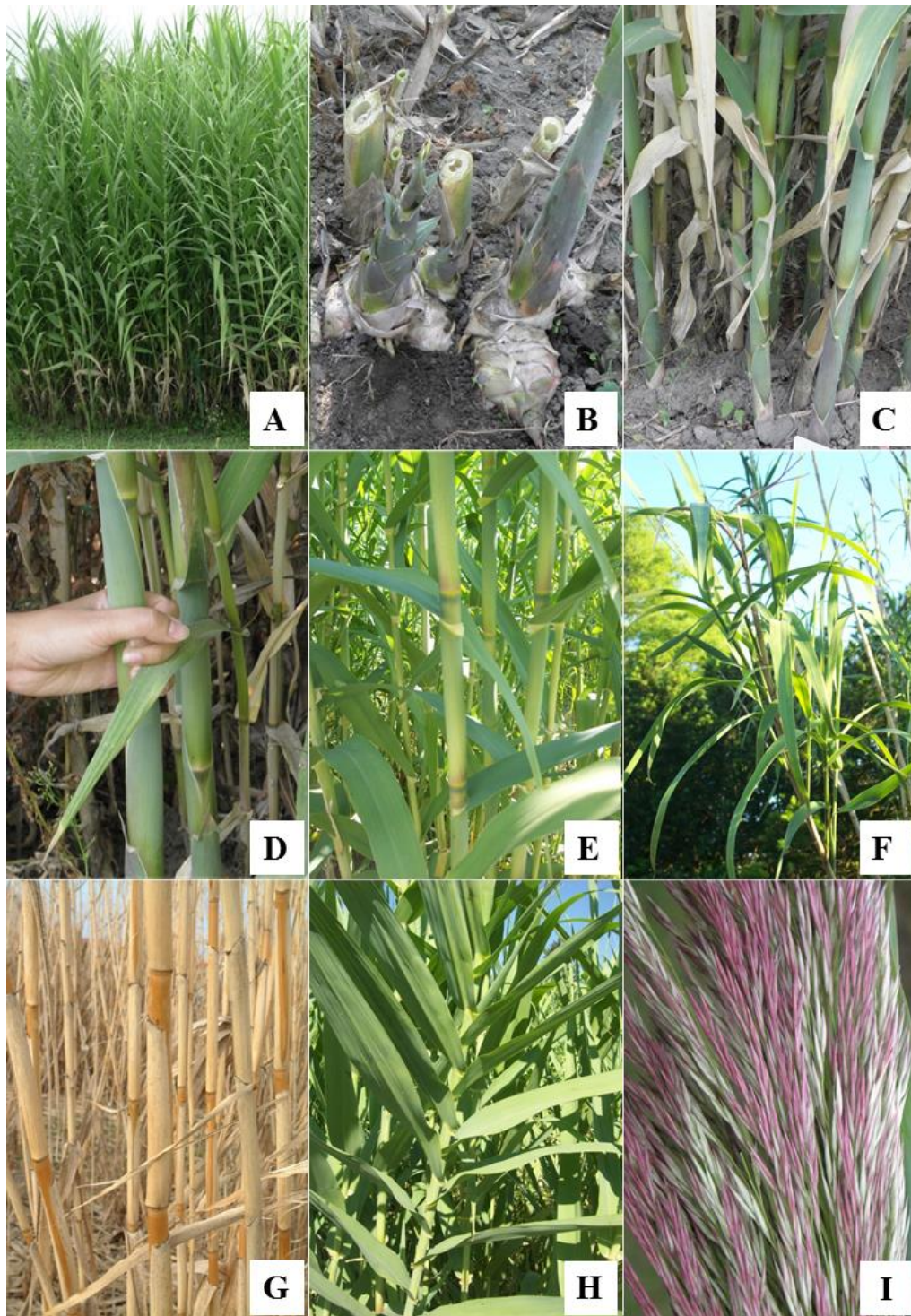
Az olasz nád természetes állományai a Föld valamennyi kontinensén, a mérsékelt égövűtől a trópusokig megtalálhatóak. Kelet-Ázsiából származik, de Euráziában is elterjedt, a Kaukázusoktól a Földközi-tenger partvidékéig, Indiában tengerszint feletti 2400-2500 méter magason, a Himaláján és Kínában is megtalálható. Európában a Földközi-tenger partvidékének jellegzetes növénye. Az Alpoktól északra csak szórványosan fordul elő, de hazánkban is fellelhetőek természetesnek vélt állományai főleg a Balaton környékén. Megjelent az egész amerikai kontinensen, Közép-Afrikában és a déli féltek területein is, Ausztráliában, az Atlanti- és Csendes-óceán megannyi szigetén (GRAU et al., 1998).

Az olasz nádat a kertészek díszkertészeti célból ismerik és ültetik mai napig az egész világon. A faj eredete az ókori társadalmakig is visszanyúlik, az ókori emberek már 5000 évvel ezelőtt

ismerték és használták a zenében fúvós hangszerként és építőanyagként. Ezt bizonyítja, hogy az egyiptomi sírokból, illetve az Irak délkeleti részén feltárt ősi sumér városok romjaiból is kerültek elő a növények maradványai. Kosarat, gyékényszőnyeget, növénykarót, hálót vagy kerítést is készítettek belőle, de a papirusz-tekercsek és festmények kifeszítéséhez is használták (DANERT et al., 1976; BOULOS et al., 2007). A II. világháború alatt az olasz nád szötteket utak és ösvények eltakarására is használták az ellenség elől. A virágzatát kiszárították dekorációs célra. A Bibliában a „nád” kifejezés sokszor előfordult, gyakran úgy gondolták, hogy olasznádra utal. Erre a növényről szóló leírások alapján a növény felépítéséből, az ellenállóságából, a növekedési erélyéből és az elterjedési területéből következtettek (PERDUE, 1958).

Az olasz nád egy évelő, lágyszárú, robusztus, 2-8, de akár 10 méterre is megnövő nádféle (16A. ábra). Az egyike a legnagyobb lágyszárú fűféléknek (PERDUE, 1958; PALMER et al., 2014). A húsos, rostos gyökérzete mélyen a talajba, akár 5 méter mélyre képes hatolni (FRANSEN, 1997). Raktározásra módosult földalatti szerve a rizóma – gumószerű megvastagodott szárrész – a talaj felszínén vagy mélyebben is képes fejlődni (16B. ábra). Ellentétben a bambusszal, a rizómái nem tarackos jellegűek, nem kúsznak messzire. A rizómákból kifejlődő kemény és üreges szalmaszára csomókkal (nóduszokkal) tagolt, hosszabb szártagokra (internódium) oszlik (16C. ábra). Merev, egyenes szárának átmérője 1-4 cm, szárvastagsága 2-7 mm között van, az internódiumok hossza 12-30 cm lehet (16D, E, F. ábra). A gyors növekedésű, hetente akár 0,3-0,7 métert is képest optimális körülmények között fejlődni, amelyet a növény hatékony fotoszintézis rendszere eredményezi (SABLOK et al., 2014; WEBSTER et al., 2016).

Szára nagy mennyiségben tartalmaz szilíciumot, amely a szár szilárdságát és keménységét segíti elő. Melegebb éghajlaton a második évben képes elágazni, ugyanez a hajtáscsúcs dominanciájának megtörésével is bekövetkezik (16F. ábra). Sima és fényes felületűek a hajtásai, amelyek a növény érésével sárgává alakulnak (16G. ábra) (MIRZA, 2010; PILU et al., 2012). Levelei szárölelőek, a szár két oldalán váltakozva találhatóak (16H. ábra). 30-60 cm hosszú lándzsás levelei a hosszúságuk függvényében lehajlanak. Kihegyezett csúcsúak, a szürkészöldtől a füzöldig változó színűek, kissé érdes felszínűek, a levelek szélessége 5-8 cm körüli (16A, E, H. ábra) (GRAU et al., 1998, DANIN, 2004). Kétivarú virágai tollszerű bugavirágzatot alkot, 30-60 cm hosszúak, vöröses színűek (16I. ábra). Teljes virágzaskor szétterülő, meddő magot termelnek a hím és nőivarsejtek degradációja miatt (BALOGH et al., 2012).



16. ábra: Az olasz nád botanikai felépítése

Forrás: saját fotók és összeállítás, 2010-2015

Jelmagyarázat: A) Az olasz nád állomány a Debreceni Egyetem Jövő Növényei Biomassza Bemutató Kertben, 2015 szeptemberben. B) Az olasz nád talajfelszínen kúszó rizómája és a fő rizómarügyből fejlődő hajtások 2010 októberben. C, D, H) Az olasz nád nóduszokkal tagolt, üreges, különböző átmérőjű hajtásai, eltérő hosszúságú internódiumokkal a tenyészidőszak során. F) Az olasz nád második éves szárának kihajtása 2013 júniusban. G) A tél során visszahúzódott, betakarításra kerülő érett, elsárgult olasz nád szárak 2011 februárban. I) Az olasz nád tollszerű bugavirágzata meddő magokkal.

Kereskedelmi forgalomban, díszkertészeti célból kaphatóak különböző csíkos levelű változatai (17. ábra). 1768-ban írták le *Arundo donax* var. *versicolor* fehér csíkos levelű kisebb habitusú változatát, egyesek 'Variegata' néven is ismerik (17A. ábra). A szárainak hosszúsága 4-5 méteres, de kisebb növekedésű, 0,6-1 méteres is lehet kisebb átmérővel (17A, C. ábra). Az alapfajhoz képest a színváltozatok sokkal több szárat és levelet fejlesztenek, kevésbé merevek és kemény szárúak (PERDUE, 1958). A 'Golden Chain' változata sárgás-zöld csíkos levelű (17B. ábra), a 'Peppermint stick' és a 'Variegata superba' változatai hasonlítanak a csíkos fajtához, de szélesebbek a leveleik és sokkal magasabbra nőnek (17D. ábra). A 'Microphylla' vagy 'Macrophylla' levelei kékeszöld színűek és szélesebbek az alapfajnál (kb. 9 cm) (EL-BASSAM – DALIANIS, 2010).



17. ábra: Az olasz nád csíkos levelű díszváltozatai

Forrás: saját szerkesztés, I1-I4 alapján. Megjegyzés: A) Arundo donax var. versicolor vagy 'Variegata' csíkos levelű fajta (I1). B) 'Golden Chain' változat (I2). C) Csíkos levelű, kisebb növekedésű 'Variegata' változat (I3). 'Variegata superba' változat (I4).

A világon előforduló olasz nád fajok morfológiailag szinte egyformák, egyöntetűek, alacsony genetikai diverzitás mutatkozik a különböző földrajzi területről begyűjtött egyedek között. Ebből kifolyólag nem hoz életképes magot sem az USA-ban, sem Európában, sem Ausztráliában (CORNO et al., 2014). A faj genetikai egyöntetősége ellenére a növény fejlődését

és az életciklusát a különböző éghajlati hatások és a mikroklimatikus környezet nagyban befolyásolják. Ennek megfelelően a trópusi és szubtrópusi területeken eltérő hosszúságúak a növény fenológiai fázisai, mint a kontinentális éghajlaton, így a felhalmozódott zöld növényi biomassza mennyisége is. Élő növény révén minden évben kihajt, érintetlen, művelés nélküli területeken akár 50 év feletti állományokkal is találkozhatunk (SHATALOV – PEREIRA, 2002a). A tenyészidőszak végével a hajtásokban felhalmozott tápanyagokat lebontja, amelyet a földben lévő rizómáiba raktározza el. A száruk érését a virágzat megjelenése jelenti, a mediterrán területeken a virágzás akár augusztustól is bekövetkezhet. A mérsékelt égövön, kontinentális éghajlat mellett egyes években nem vagy csak késő ősszel jelennek meg a virágzatok (CORNO et al., 2014).

FOGARASSY (2001) tanulmánya szerint az olasz nád, Európa, hazánktól délre eső területeken elsők között szereplő, stratégiai energianövénye. Nyílt területeken, bizonyítottan hidegtűrő genetikai anyag nem állt eddig olcsón és óriási nagyságrendben a felhasználók rendelkezésére. A mérsékelt kontinentális klímájú térségekben, így Magyarországon is, az olasz nád nemesítésének egyik legfontosabb gyakorlati célja a jövőben a télállóság növelése.

1946-ban egy osztrák nemesítő, Martin Krickl számolt be termesztett olasz nád állományok hidegtűréséről és nemesítési lehetőségeiről. 1938-1939-ben Karlhof település közelébe 280 hektáron kezdték el az olasz nád termesztését, a szaporítóanyagot (rizómákat) melegebb éghajlati területről szereztek be. A feljegyzések alapján 1939/40 telén a mérsékelt égövi klímának, a hideg télnek és terület kitettségenek köszönhetően az állomány nagy része kipusztult, az állományok nagy részét (50 ha) csak szénával történő takarással tudták átteleltetni, ezért megindultak az olasz nád hidegtűrésével, nemesítésével kapcsolatos kísérletek. A céljuk volt olyan egyedek kisselektálása, amelyek legalább -8 – -15°C közötti hőmérsékleten képesek áttelelni. A telepített állományokból több fajtajelöltet tudtak kisselektálni. A növényből sem déli területeken, sem üvegházban nem tudtak magot nyerni, így a hidegtűrőnek vélt vonalakat vegetatív úton (a rizómáik szétdarabolásával) felszaporították és a létrehozott klónokat tovább tesztelték. A 2. világháborút követően ez a fejlesztési törekvés elvesztette gazdasági létalapját, ezért Krickl abbahagyta kutatásait. Munkáját elfelejtették, a téma pedig évtizedekre kikerült az érdeklődés homlokteréből (KRICKL, 1946).

POMPEIANO et al. (2015) vizsgálta még az *in vitro* úton előállított akklimatizált és nem akklimatizált Honduráról és Magyarországról származó ökotípusok hidegtűrését és ebben szerepet játszó tényezőket. A kísérletek alapján megállapították, hogy a magyar ökotípus kevésbé volt érzékeny az alacsony hőmérsékletre és a fagyokra, mint melegebb éghajlati területről származó ökotípus.

TÓTH et al. (2011) tanulmányozták az olasz nád betegségekkel, kártevőkkel szembeni ellenállóságát, amely során megállapították a növény betegségekkel és kártevőkkel szembeni nagyfokú rezisztenciáját. A szakirodalmakban eddig a levéltetvek által terjedő vírusok közül a kukorica csíkos mozaik vírus (MDMW), a cukornád mozaik vírus (SCMV), továbbá az árpa sárga törpülés vírusa (BYDV) került leírásra. A gombás megbetegedések közül a Nigospórás szár és levélkorhadás (*Nigrospora oryzae*, telemorf alakja: *Khuskia oryzae*), illetve a kukoricát károsító levéltetvek közül a zöld kukorica levéltetű (*Rhopalosiphum maidis*) és a zselnicemeggy levéltetű (*Rhopalosiphum padi*) okozhat betegséget (HOSHOVSKY, 1987; LAWSON et al., 2005; TÓTH et al., 2011). Az egyik legpusztítóbb, gabonaféléket támadó vírussal a világon, az árpa sárga törpülés vírusával fertőzték meg a növényt, de az elvégzett tesztek alapján megállapították a növény ellenállóságát (INGWELL et al., 2014).

Az olasz nád invazív elterjedését számos USA-ból (OAKINS, 2001; KHUDAMRONGSAWAT et al., 2004; QUINN et al., 2015), Európából (BELL, 1997; BERNEZ et al., 2006; PILU et al., 2012; MACEDA-VEIGA et al., 2016), vagy Ausztráliából (VIRTUE et al. 2010; FERDINANDS et al., 2011; INVASIVE PLANT RISK ASSESSMENT, 2016) származó tudományos közlemény ismerteti. Egyesek hidrofita növénynek tartják, mert leginkább vízpartok közelében, csatornák, folyók, tavak, mocsarak mentén érzi jól magát, ahol a legnagyobb biomasszát képes elérni (BELL, 1997; GIESSOW et al., 2011; CORNO et al., 2014). Melegebb éghajlati területen, folyópartok közelébe kerülve képes felvenni a versenyt kompetítorként az őshonos vegetációval (OAKINS, 2001; QUINN – HOLT, 2008; PILU et al., 2012). Mindezek miatt kizárólag *melegebb éghajlati területeken*, leginkább vízhez közeli élőhelyeken, part-menti régiókban, de az utak mentén is elterjedt invazív gyomnövényként ismerhetik (BELL, 1997; BOOSE – HOLT, 1999; DUDLEY, 2000; OAKINS, 2001; HERRERA – DUDLEY, 2003; STARR et al., 2005; QUINN – HOLT, 2008). Az Európa Unió által ajánlott globális invazív nyilvántartó adatbázisba és a 100 legrosszabb invazív növényt tartalmazó adatbázisban is szerepel (LOWE et al., 2000; I5).

Az olasz nád természetes elterjedését elősegíti morfológiai felépítése, kitűnő adaptációs képessége és az is hozzájárul, hogy igen kevés kórokozója és kártevője van. De nemcsak a csapadékos területeken képes megtelepedni, hanem jól tűri a szárazságot, egyedül a fagyokra lehet érzékeny. BELL (1997) szerint az olasz nád szára gyúlékony, azonban a földalatti rizómák a tűzben nem pusztulnak el, így nagyon gyorsan képes új hajtásokat hozni, amellyel akár monokultúrává is válhat az adott vegetációba. COFFMAN et al. (2010) kísérletei szerint a tűz következtében az olasz nád sokkal könnyebben regenerálódik és akár 3-4-szer gyorsabban képes fejlődni az őshonos vízparti fás növényeknél. A vízparti mőtárgyakba, hidakba is kárt tehet és csökkenti a talajok vízkapacitását (QUINN – HOLT, 2008).

Európában elsősorban Olaszországban, Franciaországban (PILU et al, 2012), Portugáliában (BERNEZ et al., 2006; FERNANDES et al., 2013), Spanyolországban (MACEDA-VEIGA et al. 2016) és Görögországban (CHRISTOU et al., 2001) számoltak be széleskörű elterjedéséről és invazivitásáról. Magyar szakirodalmak az olasz nádat inváziós szempontból alkalmi megjelenésű neofitonként emlegetik (MIHÁLY – BOTTA-DUKÁT, 2004), illetve közepesen invazív fajnak tartják (FOGARASSY, 2001; CSETE, 2008a).

Az olasz nád kiirtására évtizedek óta különböző módszereket fejlesztenek ki, fizikai, kémiai, biológiai védekezést, tarlóégetést, az állatokkal való legeltetést illetve ezek kombinációit alkalmazták a terjedésének megállítására (HOSHOVSKY, 1987; CORNO et al., 2014). Az USA korábban évente megközelítőleg 34 milliárd dollárt költött az invazív növények terjedésének nyomon követésére és a szabályozására (PIMENTEL et al., 2005), amelyből csak a Santa Ana folyó mentén az olasz nád kiirtása hektáronként 49 000 dollárba került, 20 éves időtartam alatt a teljes költséget 15 millió dollárra becsülték (LAWSON et al., 2005).

Az olasz nád rizómái igen nagyok, tömörek, így a kézzel, kézi szerszámmal történő eltávolításuk nagy nehézségeket okoz. Csak a kisebb területen található állományok kiirtásához alkalmazzák ezt a módszert, mert nagy a munkaerő igénye és maradéktalanul el kell távolítani a talajból a rizómákat. Másik fizikai módszer a folyamatos gépi kaszálás és/vagy a rizómák talajból történő kiforgatása és eltávolítása (STARR et al., 2005). Az állományok felégetése nem megfelelő módszer a kiirtáshoz, mert a földalatti rizómák nem pusztulnak el a tűz következtében (STARR et al., 2005), továbbá veszélyes és nem alkalmazható a tűzgyújtási tilalmak időszakában.

Kémiai védekezés esetében a glifozát hatóanyagú, illetve a felszívódó gyomirtó szerek használatát szorgalmazzák. A növény magassága miatt a helikopterből történő kezelés lehetőségét kell megfontolni. Leginkább az őszi időszak, a szegregáció ideje alatti gyomirtó szeres kezelés a hatékony (SPENCER et al., 2011; MONTEIRO et al., 2015). A legeltetés (kecske vagy juh) módszerét is használták a növény kordában tartására (STARR et al., 2005). Hatékony biológiai védekező rendszer nem ismert eddig az olasz nád elleni védekezésre, mivel igen kevés kártevője és kórokozója van (HOSHOVSKY, 1987; LAWSON et al., 2005; TÓTH et al., 2011). Egyesek bizonyos darázs fajt (*Tetramesa romana*) tartanak lehetséges kártevőnek (KIRK et al., 2003; GOOLSBY – MORAN, 2009).

Leghatásosabbnak a kombinált kezelést tartják az őszi időszakban történő alkalmazással, amely először a száraz levágásával, majd a megújuló hajtások vegyszeres (felszívódó szerrel történő) kezelésével történik (MONTEIRO et al., 2015). Természetes állományban végzett kísérletek esetében az első évben a módszer 50-95%-os hatékonyságú, az állományt a 3-5. évre lehet teljesen eltávolítani természetes vegetáció esetén (OAKINS, 2001; STARR et al., 2005).

2.2.3. Hazai szakirodalom (1878-2016)

Az olasz nád termesztés és felhasználás hazai szakirodalma eddig nem került feltárássra. Az alábbi összeállítással ezt a hiányt igyekeztem pótolni, nem várt, meglepően gazdag, azóta elfelejtett forrásmunkák alapján. A felkutatott írásos feljegyzések és szakirodalmak alapján kijelenthető, hogy az olasz nád termesztésének és kutatásának írott magyarországi története a 19. század végéig nyúlik vissza.

Hollendonner Ferenc 1905-ben megjelent fordítása „Az olasz nád (*Arundo Donax* L.)” címmel beszámolt a növény származásáról, tulajdonságairól és felhasználási lehetőségeiről. Feljegyezte, hogy magyarul a növény elnevezése nem teljesen egyértelmű és összetéveszthető. Olaszországban „Canna” néven ismerik, amely nádat jelent, de leginkább az *Arundo donax*-ot értették alatta (HOLLENDONNER, 1905). Ezt megelőzően, a növényvel kapcsolatos első magyar szabadalmat Ritter Jenő báró 1878-ban jelentette be, amely az olasz nádból történő papírgyártás eljárására és ehhez szükséges gépi eszközökre vonatkozott (RITTER, 1878; SALAMON, 1880). Péntes Antal 1926-ban számolt be a növény tulajdonságairól és felhasználási lehetőségeiről. Lejegyezte, hogy nálunk elsősorban dísnövényként használják vagy karókat készítenek belőle. Az enyhébb teleket még jól tűri, de nem jellemző, hogy hazánkban virágot vagy magot hozzon (PÉNZES, 1926).

Az 1940-es évektől fogva kerül leginkább a köztudatba, több napilap és folyóirat is említi magas cellulóztartalmú, kitűnő papír- és „viszkóz-cellulóz” alapanyagként (SUHALY, 1941; MÁNDY, 1941; SURÁNYI, 1942). Kertészeti folyóiratokban, mint különleges értékű dísnövény számolnak be csíkos levelű fajtájáról, tulajdonságairól, fagyérzékenységéről és felhasználási lehetőségeiről (JÉCSAI, 1938; MAGYAR, 1942). A Népszavában is több írás jelent meg a növényről. Bécsben alapítottak egy részvénytársaságot, amely elsősorban az olasz nád termesztésével foglalkozott cellulóz- és műgyapot előállítás céljából (ANONYMUS, 1940). Érdekesség, hogy 1941-ben az egyik ismert hazai napilapban már felhívták a laikus közvélemény figyelmét arra is, hogy a kolhicin-kezeléssel előállítható poliploid növények nagyobb biomasszája a jövőben hatékonyabb cellulóz-termelést is fog eredményezni, példaként az olasz nádat említve (F. ZS., 1941).

Vogel József, a Köztelekben, 1938-ban megjelent „Az olasz nád (*Arundo donax*), mint újonnan termesztésbe vett növény” című cikkében az olasz nádat, mint cellulóz-alapanyag perspektivikus növényének tartotta. Termesztésére elsősorban a művelés alól kivett területeket részesítette előnyben, pl. a vízállásos, időszakosan elöntött szántóföldi termesztésre nem alkalmas területeket. A megnövekedett nyersanyaghiány és az ország alapanyag importfüggősége miatt a papíripar számára nyersanyagforrásként olyan növényt javasolt

alkalmasnak, ami területegységről nagy mennyiségű biomasszát szolgáltat, és amelynek termelési költségei az erdőkitermelés költségeit nem haladja meg (VOGEL, 1938).

A háború miatt bekövetkező nyersanyaghiányos időszak következtében előtérbe kerültek a nagy rost- és cellulóztartalmú növények, így a nád is. Ez alatt több növényt is értettek akkoriban: spanyol-, olasz-, cukor-, fedő-, bambusznádat, mivel a szalmából történő papír-előállítást nem tartottak perspektivikus iránynak (MÁNDY, 1941). A hazai nádfajták rosttartalmát alacsonynak vélték, ezért Olaszországból származó olasz nád hazai meghonosítását, termesztését és feldolgozását tűzték ki célul, elsősorban magas cellulóztartalma miatt. A termesztés során az olaszországi tapasztalatokat javasolták alapul venni, az ottani nagyüzemi termelés és feldolgozás miatt.

Az 1940-es években a növényt hazánkban elsősorban dísnövényként ismerték, de a Magyar Királyi Gazdasági Akadémia növénytermesztési kísérleti telepén évek óta termesztették, bebizonyították, hogy hazánkban is termeszthető és képes áttelelni. Annyi kitételrel, hogy hazánkban az elhúzódó tél miatt később indulnak meg a tövek, de a fagyok nem okoztak kárt a növény fejlődésében. Termesztését olcsónak tartották, mert gyomirtásra csak az első két évben volt szükség, de felhívták a figyelmet arra, hogy a levágott nagy biomassza tömeg elszállítása már nehézségeket okoz, így a feldolgozóüzem közelsége jelenti a megoldást a felmerülő szállítási problémákra (VOGEL, 1938).

Jánosházy Imre, 1940-ben a cellulózkérdés fontosságáról írt cikkében, az egyik legjelentősebb cellulóz-növénynek az olasz nádat találta. Ezt arra alapozta, hogy a műrost- és papírgyártás céljára igen jól bevált, rosthosszúsága eléri a fenyőét, de a nagy hamutartalmát nemesítéssel kellene csökkenteni. Beszámolt az Olaszországban megépült napi 60 tonna kapacitású cellulózgyárról, amely köré több ezer holdas területre olasz nádat telepítettek (1 méter x 0,5 méteres távolságra). Olaszországban 1 ha területen 40 tonna biomasszát tudtak előállítani, amelyből 10 tonna cellulóz volt nyerhető. Beszámolt arról is, hogy a 1940-es években, Keszthely környéki kertészetben szaporították az olasz nádat, és az innen származó szaporítóanyagból Fertő környékén, a herceg Eszterházy-féle uradalom magyar gazdatisztjeinek támogatásával és magántőke bevonásával megkezdték 1 000 hold betelepítését a növényvel, amely előzőleg sással, náddal és kárával borított terület volt. Továbbá feljegyezték azt is, hogy megfelelő telepítés után akár 30-40 évig megél egy helyen és a növény kifejtett példányai 3-5 méteresek is lehetnek (JÁNOSHÁZY, 1940).

ANTOS et al. (1958) részletes tanulmányt készítettek a világ és hazánk akkori cellulóz- és papíripar gazdasági helyzetéről, külkereskedelmi jellemzőiről, a hazai nyersanyagforrás szélesítésének lehetőségeiről és a fejlesztési irányokról. Az alapanyag-előállítás fejlesztésére kétféle irányt javasoltak, a lombos fafajták, vagy a magas cellulóz-tartalmú egynyári vagy évelő

növények meghonosítását és kiterjesztését cellulóz-előállítás céljából. Kísérletek beszámoltak arról, hogy Snia Viscosa olasz cég 1940-es években hektáronként 5 tonna cellulózt tudott előállítani olasznádból, szemben a nyárfával, amely cellulózhozama csak 2 tonna volt. Hortobágyon kísérleti célból 1958-ban telepítettek olasznádat, amely ellenállt a fagyoknak is. A telepítéshez elsősorban az élelmiszertermelésre nem alkalmas területeket preferálták, optimális területnek a Balaton melletti területeket (Nagyberek környékét), Hortobágyot, Hanság vidékét vélték. Magyarország az 1960-as években a hazai cellulóz és papírgyártás (20 000 t/év) nagyon alacsony szintű volt és elsősorban szalmára alapozott, ezért az olasz nád kutatások megkezdését mindenképpen sürgették, mivel becsléseik szerint 2 800-3 500 hektáron akár évi 10-15 ezer tonna cellulóz előállításához szükséges alapanyagot elő lehetne állítani a növényből.

KÓRÓDI (1959) szintén beszámolt a hazai cellulózgyártás akkori helyzetéről, amelyben megállapította, hogy magas cellulóztartalmú egynyári vagy évelő növényeket nem termesztünk vagy csak kis területen (pl.: *Arundo donax*), továbbá a termelés technológiájára, illetve alapanyag begyűjtésére nincsen kidolgozott rendszer (pl.: rizsszalma, szudáni fű, cirok). Mivel a papírgyártáshoz szükséges alapanyag nagy részét importáltuk, ezért javaslatot tett a probléma megoldására, amely alapján igen gyorsan növő nagyméretű fafajtákat vagy magas cellulóztartalmú egynyári és évelő növényeket meghonosítását és cellulózgyártásra történő felhasználását javasolta. Akkoriban elsősorban a Hortobágy, Hanság és Kis-Balaton vidékére kívánták telepíteni a lehetséges magas cellulóztartalmú növényeket, az olasznádon kívül a nádat, a szudáni füvet és a cirkot tartották perspektivikusnak. A nagy biomassza hozam miatt a betakarítás és a szállítás kérdéseinek tanulmányozására különös figyelmet kell fordítani. Az optimális termőhelyet folyamatosan keresték a növények számára, az olasz nád termesztését pedig elsősorban Hanság környékére tervezték. Nyergesújfalú környékére tervezték egy új papír és „viszkóz-cellulózt” előállító gyárat is, elsősorban a vízi szállítás megoldására próbáltak fókuszálni. A terv későbbi megvalósításáról nincsen jelenleg tudomásunk. Számításai szerint a gyár felépítése esetén évi 25-30 000 tonna „viszkóz-cellulózza” lett volna szükség a kapacitások kihasználása érdekében.

Az 1960-70-es évek közötti időszakban a Duna-delta területén nagyüzemi próbálkozások voltak a nád cellulózgyártás céljából történő ipari termesztésére. Mivel az olasz nád meghonosítása és iparszerű termesztése hazánkban végül abbamaradt vagy nem volt sikeres, ezért az ültetett erdők váltak a cellulózipar alapanyagforrásává (SZILASSI, 2004). Mikó Ervin „Köszöntő a deltai nádatásra” című írásával számolt be 1961-ben a Duna-delta nádtermesztéséről, az ún. „Nádország” akkori helyzetéről. 1961-ben 150 ezer tonna nádat

takarítottak be, ezt követően már a termelés további növekedésének lehetőségeit vizsgálták, az eddigieknél termékenyebb nádfajták meghonosítását tűzték ki célul (MIKÓ, 1941).

Európában 1997-ben elkezdődött első, biotechnológiai szaporítási módszereket is felvonultató olasz nád kutatási programnak hazai kötődése ismert (*Giant reed (Arundo donax) Network – Improvement, Productivity and Biomass Quality*). Egy magyar kutató, Tóth Szilárd indította útjára az olasz nád szövettenyésztését Németországban (TÓTH – MIX-WAGNER, 1998; TÓTH et al., 1998a; BACHER et al., 2001), majd Magyarországon, a Debreceni Egyetemen folytatta (TÓTH et al., 1998b; TÓTH – PEPÓ, 1999).

Az olasz nád *in vitro* körülmények között történő szaporítására az USA-ban élő, magyar Prof. Márton László és munkatársai által bejelentett szabadalmait fontosnak tartom még kiemelni (MÁRTON – CZAKÓ, 2002a, b, c).

FOGARASSY (2001) tanulmánya szerint az olasz nád kitüntetett szerepét a *Miscanthus* fajok hozamát is meghaladó (pl. olaszországi adatok) éves biomassza termelésének (minimum 20-30 tonna/ha száraztömeg, átlagos talajokon, nem öntözött termőhelyen, évtizedeken át), kiemelkedő energia mérlegének és cellulóz minőségének köszönheti. Ez a közlemény a hazai szakemberek figyelmét eddig elkerülte. A *Miscanthus* fajok kerültek előtérbe: a mikroszaporítási lehetőségek és a hazai éghajlatot tűrő fajtáknak köszönhetően. Ennek oka lehetett az is, hogy az olasz nád hagyományos tömegszaporítása giga-megafarm méretekben drágább, mint a kínai nád fajtáké, illetve gyakorlatilag megoldhatatlan hagyományos szárdarabolással-dugványozással. Nyílt területeken, bizonyítottan hidegtűrő genetikai alapanyag nem állt eddig olcsón és óriási nagyságrendben a felhasználók rendelkezésére.

CSETE (2008a, b) lágyszárú energianövények és felhasználhatóságuk témakörben megjelent olasz nádat is érintő közleményeiben azt állapította meg, hogy az olasz nád termesztése jelentős tápanyagbevitt igényel, továbbá átlagosan 20-22 száraz tonna/ha hozamot, 650-800 mm éves csapadék mellett lehet csak előállítani, így szárazabb területek betelepítésére nem alkalmas.

„Magas, 37-45 tonna/hektár hozamot kizárólag öntözött területeken lehet a növényvel elérni”.

Továbbá az olasz nádat közepesen invazív fajnak írja le (CSETE, 2008c). GYULAI (2011)

szerint az olasz nád földrajzi eredete bizonytalan, de jól alkalmazkodó évelő fűféle.

„Termesztése jelentős műtrágyabevitt igényel (80 kg N, 100 kg P₂O₅/ha/év) és 650-800 mm éves csapadék mellett az első évben 10,6 száraz tonna/ha, a második évtől 22 száraz tonna/ha hozamot eredményez. Tápanyagszegény talajoknál foszfor, nitrogén és kálium műtrágyázás mindenképp szükséges telepítés előtt. Dél-európai ültetvényeken átlagosan 15-30 száraz tonna/ha biomassza termelhető. Fűtőértéke 14,8-19 MJ/ kg között változik, szár/levél aránytól függően”.

2.2.4. Nemzetközi szabadalmak és K+F+I projektek

1990-es évek óta Európában számos K+F program foglalkozott az olasznáddal (CHRISTOU, 2013). 1997-2000 között Európában FAIR-CT96-2028 sz. *Giant reed (Arundo donax L.) network: improvement, productivity and biomass quality* c. K+F program keretein belül kezdődött meg az első, biotechnológiai szaporítási módszereket is felvonultató olasz nád és a kínai nád kutatási program (CHRISTOU et al., 2001; BACHER et al., 2001). 2002-2005 között az ENK6-CT-2001-00524 sz. *Bioenergy chains – Bioenergy chains from perennial crops in South Europe* c. K+F program keretein belül az olasznádon kívül az articsóka, a kínai nád és a vesszős köles, mint potenciális biomassza növények kerültek a kutatások középpontjába. A műszaki, a gazdasági és a környezeti megvalósíthatóság függvényében értékelték a növények hasznosíthatóságát a biomassza termeléstől a különböző feldolgozási módszereken keresztül (égetés, gázosítás, gyors pirolízis) (I6).

2010-2014 közötti EU által finanszírozott EUROBIOREF (*EUROpean multilevel integrated BIOREFinery design for sustainable biomass processing*) c. program keretein belül 15 ország, 29 partnere foglalkozott különböző nem élelmezési célra termesztett növények többcélú hasznosításának kutatásával. 10 olaj- és 5 lignocellulóz növény (olasznád, kínai nád, fűz, vesszős köles, articsóka) termesztésével, feldolgozásával (kémiai, termo- és biokémiai úton) és magasabb hozzáadott értékű, különböző termékek (üzemanyag, kémiai alapvegyületek) előállításával (I7).

Az OPTIMA (*Optimisation Of Perennial Grasses For Biomass Production in Mediterranean Area, I8*)” és a WATBIO (*Development of improved perennial non-food biomass and bioproduct crops for water-stressed environments, I9*) c. évelő lágyszárúak kutatásával foglalkozó projektek elsősorban a magas biomassza hozammal rendelkező biomassza növények (olasznád, *Miscanthus* fajok, nyár, *Jatropha*, vesszős köles, articsóka stb.) marginális területeken történő termesztésének és hasznosításának optimalizálására terjedtek ki. Az interdiszciplináris kutatások elsősorban a növények fiziológiai, biotechnológiai, agronómiai, ökonómiai és környezetvédelmi szempontokból történő tanulmányozására fókuszáltak különböző termékek előállítása céljából.

A növény szaporítására, feldolgozására és hasznosítására szabadalmi bejelentések is történtek, a világon számos elfogadott szabadalom, jelenleg is oltalom alatt és megadás előtt álló találmányok és technológiák léteznek.

CARVER – TIESSSEN (2012) által kidolgozott eljárás különböző energianövények szaporítása céljából kifejlesztett technológia, amely szabadalmi leírása szerint olasznádra is alkalmazható. Az eljárás szerint növényi szárdugványokat vagy mini-rizómákat lebomló polimerekkel vonják be, a bevonat gombaölő szert, tápanyagokat és hormonokat is tartalmazhatnak, illetve

azonosításra alkalmas festékekkel, vonalkóddal vagy egyéb azonosítóval látják el, amellyel szállítható, tárolható szaporítóanyagot állítanak elő. CARROLL – VOLOTIN (2009) eljárása fűfélék vegetatív szaporítására vonatkozik, amely az olasznádra is alkalmazható. Ez alapján a növények szaporítása különböző hormonokkal (auxinokkal és citokininekkel) történő kezelésekkel történik a növény hajtás- vagy gyökér-merisztémából kiindulva. 2014-ben bejelentették a 'Nile Fiber' nevű olasz nád fajtát (CARROLL – VOLOTIN, 2014).

BRANDSBY (2002) szabadalma a növény szárdugvánnyal történő szaporítására terjed ki. Az USA-ban bejelentett és WOODS – WOODS (2001) által kidolgozott találmány az olasz nád mikro- és makroszaporítására vonatkozik, amely merisztematikus szövetből, vagy fiatal, éretlen növényi részből indul ki. A szaporítás steril körülmények között folyékony és szilárd táptalajon történik speciális tenyésztőedényekben. MÁRTON – CZAKÓ (2002a, b, c; 2007a, b) találmányai a fentebb említetthez hasonló módszert dolgoztak ki a növény steril körülmények között történő szaporítására.

SMIMIZU et al. (1990) és LEPORI – MORONI (1994) építőipari alapanyag előállítás céljából lignocellulóz alapú nyersanyagból származó egységek előállításának folyamatát szabadalmaztatták. ALTHEIMER – WOLCOTT (1998a, b, c) és PASHA – ABDULMALIK (2010) által kidolgozott módszerek a növényből történő panelek előállítására vonatkozik, amelyből építőipari-, bútor- vagy papír alapanyag lehet. ALTHEIMER – JACKSON (2001) eljárása teljesen klórmentes papíripari alapanyag kidolgozására terjedt ki olasznádból. PACHANOOR (2008) a növényre kidolgozott szárítási eljárást szabadalmaztatott.

TORRE et al. (2010) az olasznádból és más lignocellulóz alapú nyersanyagból bioetanol előállításuk során alkalmazott előkezelési eljárásokat szabadalmaztattak, például a cellulóz hatékonyabb hidrolíziséhez (enzimatikus lebontási folyamatok). HAWKINS – ALTHEIMER (2006, 2010); MCKEAN (2008) és BURA – EWANICK (2011) szabadalmai az olasznádból történő etanol előállítás különböző folyamataira és szakaszaira vonatkoznak. Az utóbbi időszakban, Kínában nagy érdeklődést váltott ki a növény, amit a növekvő szabadalmi bejelentések száma is alátámaszt. Elsősorban a növény hagyományos és *in vitro* szaporítására, fitoremediációs célokra történő felhasználásra, algaelleni készítményként, építő- és bútoralapanyagként történő felhasználására, illetve papír vagy bioetanol előállítására vonatkoznak (II0).

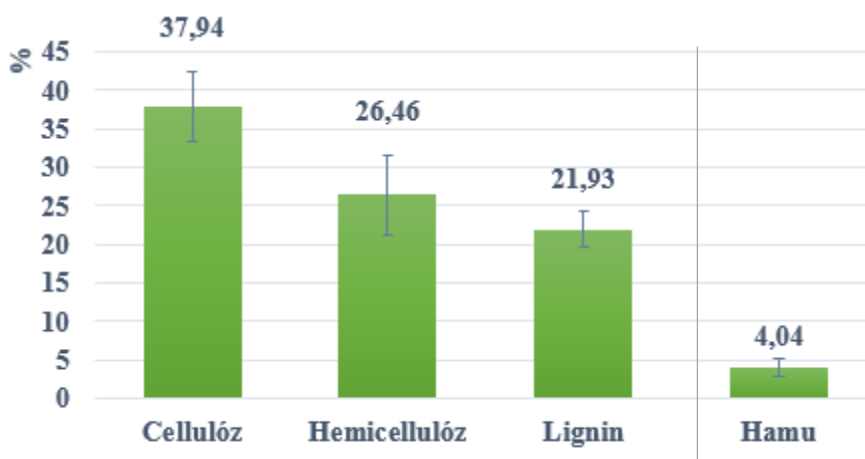
2.2.5. Hasznosításának főbb területei napjainkig

A múlt század végétől kezdve az olasznáddal foglalkozó külföldi szakirodalmi források a növényt a cellulóz-alapú biomassza-ipar egyik perspektivikus növényének tekintik (EL BASSAM, 1996; CHRISTOU et al., 2001; BACHER et al., 2001; LEWANDOWSKI et al.,

2003; ANGELINI et al., 2005; MANTINEO et al., 2009; PILU et al., 2012; BENTINI – MARTELLI, 2013).

Az utóbbi két évtizedben a növény iránt megnövekedett érdeklődésnek köszönhetően, mint bioenergetikai-, bioipari nyersanyag került az évelő, lágyszárú biomassza növénykutatások egyik fókuszába. Mindezeket elsősorban magas biomassza hozamának, kedvező kémiai összetételének, alacsony inputköltségeinek és sokoldalú hasznosítási lehetőségeinek köszönheti. A világon a természetese elsősorban bioenergia, biogáz és bioüzemanyag előállítás céljait szolgál, de alkalmas közvetlen eltüzelésre és különböző kémiai alapvegyületek előállítására is (MARIANI et al., 2010; CORNO et al., 2014). A második világháborút megelőzően az olasz nád, mint potenciális cellulóz és műselyem alapanyag volt Olaszországban jelentős. A Torviscosa néven alapított első olasz „technopolis” létesítésének fő célja az olasz nád feldolgozásán alapuló, iparszerű cellulóz előállítás volt, egyrészt a viszkóz műselyem előállítás, másrészt papír- és lőporgyártás céljából (SCANI, 2012).

A növény fizikai és kémiai összetételének vizsgálatáról sok publikációban olvashatunk, amelyek alapján legnagyobb százalékban cellulózt, hemicellulózt és lignint tartalmaz. Az *1. mellékletben* felsorolt szakirodalmi adatok alapján az olasz nád cellulóz-tartalma átlagosan 37,41 % (SD±4,71), hemicellulóztartalma 27,19 % (SD±5,52), lignin-tartalma 21,66 % (SD±2,42) és hamu-tartalma 4,04 % (SD±1,28) körül alakul (*18. ábra*).



18. ábra: Az olasz nád kémiai összetétele és hamutartalma

Forrás: saját szerkesztés, az 1. mellékletben felsorolt szakirodalmi adatok alapján

Egyes kutatók (NETO et al., 1997; SHATALOV – PEREIRA, 2002a, b; VERVERIS et al., 2004) a növény különböző szegmenseinek (internódium, nádusz, levél) kémiai összetételét vizsgálták meg. A növény szárának ízkezei (internódiumai) átlagban 34,61% cellulózt, 26,58% hemicellulózt, 19,58% lignint és 4,38% hamut tartalmaztak. A szárcsomókkal (náduszokkal) rendelkező részek átlagos cellulóz-tartalma kevesebb (30,80%), hemicellulóztartalma több

(28,62%), lignin- (18,97%) és hamu-tartalma (4,38%) pedig azonos értéket mutat. NETO et al. (1997) mérései alapján a növény levele 35,1%-ban cellulózt, 25,60%-ban hemicellulózt, 16,80%-ban lignint és 5,80%-ban hamut tartalmazott.

MONTI et al. (2008) Észak-Olaszországban, Bologna környékén (Pó-síkság) található 4. éves rizómáról szaporított, homokos vályogtalajon nevelt olasz nád ültetvényről származó biomassza kémiai összetételét, elem- és hamutartalmát vizsgálta (a minták tél végi betakarításából származtak). Az adott éghajlati és talajviszonyok mellett 43%-os a növény széntartalma, igen magas nitrogén (levél: 1,57%, szár: 0,52%) és szilícium (levél: 1,71%, szár: 0,62%) tartalommal rendelkezik. A mérések alapján a szárrészek 3,2%, a levelek 11,3%-os hamutartalommal rendelkeznek. A biomassza égetésekor a növény fűtőértékét a hamutartalom negatívan befolyásolja. Minden 1%-os hamutartalom növekedés 0,2 MJ kg⁻¹ fűtőérték csökkenést jelent. Az olasz nád magas klór- és kéntartalma hozzájárul az égető üzemek korróziójához. A kémiai összetételéből adódóan megállapítható, hogy a növény levele nagyban befolyásolja a betakarított biomassza minőségét (MONTI et al., 2008).

A 2. táblázat mutatja be egyes felhasználási területek esetében a legfontosabb hozammutatókat. Elméleti szinten hektáronként az olasz nádból biometán előállításakor a legtöbb, 338 GJ, bioetanol előállításakor 236 GJ és elégetésekor a legkevesebb, 268 GJ energia állítható elő, ha a hektáronkénti termés 37,7 száraz tonna. Természetesen a gyakorlati megvalósítás során számos tényező (veszteség) megváltozathatja a mért értékeket.

2. táblázat. Az olasz nád különböző hasznosítási lehetőségei és hektáronkénti potenciális energiahozama

| Biometán előállítás ⁽¹⁾ | | Bioetanol előállítás ⁽²⁾ | | Égetés, eltüzelés ⁽³⁾ | |
|---|---|-------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|--------------------|
| Biomassza hozam: 37,7 száraz tonna/ha ⁽⁴⁾ | | | | | |
| Biometán hozam | 351 Nm³ CH₄ / száraz tonna | Bioetanol hozam | 299 L / száraz tonna | Víz-tartalom | 50% |
| Energiahozam | 336 GJ / ha | Energiahozam | 238 GJ / ha | Energiahozam | 268 GJ / ha |

Forrás: CORNO et al., 2014. Megjegyzés: (1) Biometán előállítás Gruppo Ricicla – DiSAA (Olaszország) üzemadatai alapján: metántartalom: 67,0±3% v/v, biogázüzem hatásfoka: 80,8%, alsó hőérték: 31,4 MJ/kg SCHIEVANO et al., 2015 alapján. (2) Etanol sűrűsége: 788 kg m⁻³, alsó hőérték: 26,8 MJ/kg WILLIAMS et al., 2008; RAKOPOULOS et al., 2011 és QI et al., 2010 alapján. (3) MONTI et al., 2008 és FIALA, 2009 alapján, a víz fajhője: 4,18kJ/kg/K, a víz látens hő párologtatása: 2,27MJ/kg, alsó hőérték: 16,8 MJ/kg BEZZI et al., 2006 és FIALA, 2009 alapján. (4) Átlagos biomassza hozam Észak-Olaszországban (Pisa: 43° 40' N, 10° 19' E), ANGELINI et al., 2009 alapján.

CORNO et al. (2014) a növény tulajdonságait és felhasználását részletesen bemutató összefoglaló publikációban az olasz nád, mint biofinomító ipar egyik potenciális alapanyagát

jellemzi. Jelenleg igen kevés irodalom foglalkozik az olasz nád „zöld biofinomítóiban” történő komplex feldolgozásával (BARTA et al., 2010; EKMAN et al., 2013). Olaszországban több magánvállalkozás (pl.: Beta Renewables) is foglalkozik a növény bioipari feldolgozásával kapcsolatos komplex kutatásokkal (II1).

A növény biológiai értékét az is fokozza, hogy képes alkalmazkodni különböző talajtípusokhoz, marginális területen, időszakosan elöntött vagy éppen sós területeken is képes megélni (PILU et al., 2012). Számos tudományos publikáció számol be a növény nehézfémekkel (pl.: kadmium, nikkell, ólom, króm, arzén, higany, réz), különböző szennyezőanyagokkal szembeni toleranciájáról (MLINARICS et al., 2009; ALSHAAL et al., 2013, 2014; ELHAWAT et al., 2014, 2015). Ezt elsősorban kitűnő adaptációs képességének, kiterjedt gyökérrendszerének, erőteljes növekedésének és nagy bioakkumuláló képességének köszönheti. Mindezek miatt fitoremediációs célokra egy ígéretes növény, azáltal, hogy képes helyreállítani a szennyezett talaj ökoszisztémáját (ALSHAAL et al., 2013, 2015) és megtisztítani a szennyezett talajokat és szennyvizet (SIMON et al., 2012; ELHAWAT et al., 2013a, 2015). Vörös iszappal szennyezett, magas pH, EC és nehézfémekkel szennyezett talajon is képes növekedésre (ALSHAAL, 2013), továbbá beszámoltak különböző szelénformákkal (DOMOKOS-SZABOLCSY et al., 2014; EL-RAMADY et al., 2015a,b) elleni toleranciájáról és sótűréséről (WILLIAMS et al., 2008; ELHAWAT et al., 2013b).

Az olasz nád elfásodott szára még ma is egyes fafűvös hangszerek alapanyaga. A Pán sípokat Dél-Európában ma is olasz nád szárából készítik, de leginkább fa- vagy rézfűvös hangszerek fűvókájaként használják (AKAHOSHI – OBATAYA, 2015).

A növényt ma gyógynövényként is számon tartják, szinte minden részét felhasználják különböző célokra (AL-SNAFI, 2015). A náduszainál található fehér színű hemicellulóz membránból lektin vegyületet (*N*-acetyl-*D*-glucosamine) izoláltak, amely sejtburjánzást gátló hatású vegyület és néhány emberi rákos sejtre van hatással (KAUR et al., 2005).

A növény nádusszal rendelkező szárból készített kivonatból biofilm képződést megelőző hatásról számoltak be (QUAVE et al., 2008), de gombaölő hatását is vizsgálták már (AL-SNAFI, 2015). A növény számos, különféle alkaloidot tartalmaz (ZHALOLOV et al., 2002; KHUZHAEV et al., 2004). HONG et al. (2011) a növény allelopátiás tulajdonságait vizsgálták bizonyos cianobaktérium faj ellen (*Microcystis aeruginosa*), kimutatva a növény algavirágzást gátló hatását.

Törökországba is tanulmányozták, mint potenciális szénforrás ivóvizek biológiai denitrifikálására az igazi édesgyökérrel (*Glycyrrhiza glabra*) összehasonlítva (OVEZ et al., 2006). Beszámoltak arról is, hogy a növény gyökeréből készített abszorbens képes megkötni vizes oldatból a malachitzöld (rákkeltő) vegyületet (ZHANG et al., 2008).

VERNERSSON et al. (2002), CHAYID – AHMED (2015) és az utóbbi pár évben egy kínai kutatócsoport (FU et al., 2014) számos publikációja számolt be arról, hogy az olasz nád szárából különböző kezelések hatására aktív szén állítható elő.

FIGURE et al. (2014) tanulmányozták az olasz nád rostjának kémiai és fizikai tulajdonságait, ultrastrukturális szerkezetét, amely alkalmas lehet műanyag polimer kompozit anyagok megerősítésére.

A növény, mint mezőgazdasági eredetű, fenntartható zöld építőanyag is használható (GABARRÓN et al., 2014; ISMAIL – JAEEL, 2014). *Reedcob* néven kifejlesztett technológiai fejlesztés során tanulmányozták a növény tulajdonságait, hőtartó képességét. Az elvégzett költségelemzés alapján fejlődő országokban, ahol nagy mennyiségben áll rendelkezésre, életképes technológiának tartják a fejlesztők, amellyel csökkenteni lehetne az építkezések beruházási költségeit (CARNEIRO et al., 2016). Spanyolországban GARCÍA-ORTUNO et al. (2012) és GARCÍA et al. (2014) olcsó és fenntartható alapanyagként tartják, a széleskörű elterjedése miatt mindenképpen javasolják a felhasználását, faforgács előállítás, zöldség és gyümölcskonténer gyártása céljából. A növény aprítékából előállítható forgácslap (forgácslemez) minőségét is vizsgálták (FLORES-YEPES et al., 2011, 2012). Olaszországban szintén tanulmányozták a növény fizikai és kémiai tulajdonságait építőipari alapanyag felhasználás céljából (BARRECA, 2012; IANNACE et al., 2012).

Az elmúlt és a jelenlegi évszázadban ismertett szakirodalmi források alapján megállapítható, hogy a növényt számos célra lehet felhasználni, felhasználási területe igen széles körű. Az olasz nádából történő bioipari termékek előállításához és elterjedéséhez a növény gazdaságos termesztésére is szükség van, amely során az egyik alapvető kérdés a szaporítóanyag, annak előállítása és beszerzése. A következő fejezetekben áttérek a növény szaporítóanyag-előállítási technológiák ismertetésére, azok hatékonyságára, az olasz nád szaporításával kapcsolatos kutatásokra és a szaporításának problémáinak feltárására.

2.2.6. Vegetatív szaporítási módszerek hatékonysága és szaporítóanyag-előállítás költségei

Klónszaporítás rizómáról és szárdugványozással

Az olasz nád életképes maggal nem rendelkezik, ezért generatív úton nem, vegetatívan hagyományosan a rizómáról és a rüggyel rendelkező szárdugványról szaporítható. Élvelő kultúra révén az egyik legfontosabb termesztés-technológiai elem a szaporítóanyag megfelelő kiválasztása, amely az ültetvény telepítéskor az egyik legnagyobb költséget teszi ki. Egy hektár telepítéséhez szükséges szaporítóanyag mennyisége széles határok között mozog.

Számos szakirodalmi forrás a rizómáról történő ültetvények létesítéséről számol be, megközelítőleg 500 g tömegű, néhány pár rüggyel rendelkező rizómákat használnak

hektáronként 10 000-20 000 db mennyiséggel (2. mellékletben felsorolt irodalmak többsége). PILU et al. (2013) kísérletei alapján egy három éves ültetvényről, (10 000 db tő/ha), négyzetméretként 20 db életképes, telepítésre alkalmas rizóma nyerhető az ültetvény teljes felszámolásával. A biomassza hozamok csökkenése és az ültetvény felszámolása nélkül legalább 3 ha, 10 000 db növényt tartalmazó olasz nád ültetvényre van szükség, hogy abból 3 év alatt 20 hektárra elegendő szaporítóanyagot lehessen előállítani. A módszer lényege, hogy 3 éven keresztül minden évben új ültetvényeket hoznak létre. A rizómák szétszedése ősszel a tápanyagok visszahúzódását követően vagy tavasszal a megindulása előtt történik. A 3. éves állományok rizómáit erre alkalmas gépekkel szedik fel (19A. ábra), de az ültetvényt nem számolják fel teljesen, hanem egy rizómát visszaültetnek, a fennmaradó 5-6 db, pedig szaporítóanyagként új ültetvény létesítésére alkalmas. Ezek alapján, 1 db töről 6-7 db növény nyerhető, a technológiát 19B. ábra sematikus rajza mutatja be.



19. ábra: Az olasz nád rizómáról történő nagyüzemi szaporításának módszere és annak gépesítése Olaszországban

Forrás: saját szerkesztés, SISSOT – FORLINO, 2013 és PILU et al., 2013 alapján. Megjegyzés: A) A rizómák felszedésére alkalmas gépek (Biolife Project). B) A négyzetek 1 ha, 10 000 db olasz nád növényt tartalmazó ültetvényt ábrázolják. A római számok az ültetvény korát, a sárga színnel kitöltött négyzetek a szaporításra, új ültetvény telepítésére alkalmas rizómákat jelölik (narancssárga színű vastagabb nyilakkal jelezve). A harmadik éves állomány visszaültetett rizómái révén az állomány újra első éves biomassza ültetvényként funkcionál (vékony, citromsárga nyilakkal jelezve).

PILU et al. (2013) számításai alapján ezzel a technológiával 0,5 Euro-ra lehet csökkenteni a szaporítóanyag, azaz a rizóma önköltségét. Ezek alapján 1 ha betelepítésére alkalmas rizómás szaporítóanyag ára jóval meghaladja az 5 000 Euro-t. Javaslatuk szerint akár a 2 500 db rizómát tartalmazó hektáronkénti szaporítóanyaggal, 1 250 Euro-ra is csökkenthető lenne a telepítési költség, viszont nem számolnak be egy csökkentett növényállományt (2 500 db/ha) tartalmazó ültetvény évenkénti biomassza hozamáról.

CEOTTO – DI CANDILO (2010) szerint egy telepítésre alkalmas dugvány költsége akár 1 Euro-t is elérheti. A szárdugványok szaporítása nedves körülmények között történik, vízben vagy nedves földközegben. A technológia alapján egy harmadik éves, átlagosan 5 méteres

nagyságú, a száron 15-20 centiméterenkénti nádusszokkal rendelkező tő 40 db potenciális dugványszedésre alkalmas szárat fejleszt négyzetméterenként. A biomassza hozamok csökkenése nélkül a kidolgozott szárdugványozási technológiájukkal 1 000-4 000 db növény nyerhető térállástól függően hektáronként. A szárdugványról szaporított állomány első éves biomasszája azonban igen alacsony, de pontos adatokról nem áll rendelkezésre információ.

Az elmúlt húsz évben a kutatók felismerték, hogy a klónozó kapacitás korlátozott és a sok élők munkára alapozott technológia költséges, amely nem tudta és nem fogja tudni kiszolgálni az előttünk álló bioenergia- és bioüzemanyag korszak által megkövetelt, speciális klónozási igényeket. Ebből kifolyólag a növényvel foglalkozó szakemberek és vállalkozások nagy erőfeszítéseket tesznek a különböző költséghatékony és alacsony munkaerő igényű *in vitro* úton történő szaporítási technológiák fejlesztése érdekében (ANTAL et al., 2014b). A hagyományos, vegetatív módszerek azonban alacsony hatékonyságúak és nagy munkaerő igényűek (CORNO et al., 2014), mindezek miatt számos kutatás számol be a növény biotechnológiai (*in vitro*) úton történő szaporításáról.

Biotechnológiai módszerek

Az olasz nád biotechnológiai úton történő szaporítására eddig kidolgozott és ismertetett mikroszaporítási módszerek többsége még kísérleti szakaszban vannak, illetve nincsenek értékelhető termelési és piaci adatok. A különböző technológiák forráskutatása során nem találok olyan szakirodalommal vagy tanulmánnyal, amely a technológiai leíráson túl, valamely biotechnológiai úton történő szaporítóanyag előállítás költségeit és gazdaságosságát részletesen vizsgálná.

Európában 1997-ben kezdődött meg az első, biotechnológiai szaporítási módszereket is felvonultató olasz nád kutatási program az olasz nád tulajdonságainak és termesztési lehetőségeinek tanulmányozásán túl, a növény hatékony előállítására kidolgoztak egy szomatikus embriógenézisen alapuló szaporítási rendszert az olasz nádra és a kínai nádra. A növények hajtáscsúcsából, oldalhajtásból vagy éretlen virágzatából kidolgozott fertőtlenítési módszert követően *in vitro* hajtásokat és embriótenyészeteket hoztak létre, amelyből teljes növényt regeneráltak (CHRISTOU et al., 2001; BACHER et al., 2001).

CAVALLARO et al. (2011) és CAVALLARO et al. (2014) kidolgozott technológiáival egy anyatóról egy hat hónapos nevelési ciklus alatt 1 200 db növény nyerhető 6 multiplikációs fázis során, amely a hagyományos szárdugványozáshoz képest 100-szoros hatékonyságot jelent.

HERRERA-ALAMILLO – ROBERT (2012) által leírt olasz nád szaporítási protokoll az oldalhajtások rügyeiből indul ki, amelyből *in vitro* hajtástenyészetet létesítettek folyékony táptalajon. Egy átlagosan 10 db elágazó hajtást és 100 db rügyet tartalmazó anyatóról 3 hónapos

nevelést követően 300 db új növényt nyertek, amelyek továbbszaporításával akár 900 db növényt is elő lehet állítani. GUBIŠOVÁ et al. (2016) a szárdugvány oldalhajtásaiból létesítettek *in vitro* hajtástenyészetet. A kidolgozott eljárással egyetlen oldalrügyből 700 db, 1 db hajtásból 2 000 db gyökereztetett és akklimatizált palánták tudtak előállítani egy év alatt. TAKAHASHI et al. (2010) kalluszokból (differenciálatlan sejtek összessége) történő regenerációs módszert dolgoztak ki és különböző területről származó ökotípusokat hasonlítottak össze. Az egyes ökotípusok között szignifikáns különbséget tudtak kimutatni a szaporítási hatékonyságot illetően a különböző kezelések hatására. 2 hónappal a kalluszindukció után kisselektált fehér színű, homogén kalluszokból hormonmentes táptalajon teljes növényt tudtak regenerálni ökotípustól függően 12,5-37,5%-os hatékonysággal. TAKAHASHI – TAKAMIZO (2012) által kidolgozott rendszer célja volt elsősorban az olasz nád és más potenciális energianövények (cukornád, köles, *Miscanthus* és *Erianthus* fajok) molekuláris nemesítéséhez szükséges kallusz-indukciós és növényregenerációs rendszer kifejlesztése. Különböző módszerrel történő DNS-szekvencia bevitelét követően próbálták növényt regenerálni, de alacsony hatékonysággal. DHIR et al. (2010) kidolgoztak az olasz nádra egy kalluszból történő regenerációs rendszert az előzőekhez hasonlóan.

MÁRTON – CZAKÓ (2002a, b, c, 2007a, b) által kidolgozott, több országban (pl.: USA, EU, Magyarország stb.) bejelentett szabadalmi és kidolgozott módszerek az olasz nád fenntartható totipotens szövettenyésztésére vonatkoznak. A módszer alapján hajtásokkal és gyökérrel rendelkező növényeket állítanak elő szilárd és folyékony táptalajokon. DAN et al. (2013, 2014) által kidolgozott merisztémára alapuló, kallusz regenerációs rendszernek köszönhetően 160 db hajtást lehet előállítani egy kalluszból, amelyből 100%-ba képződik gyökeres hajtás. Évente egy ember akár 35-40 000 teljes növényt tud előállítani az általuk használt rendszerrel. TREBBI et al. (2013) beszámoltak *in vitro* merisztematikus olasz nád szövetek gamma-sugárral történő mutációs nemesítéséről és a regenerálódott több mint 1 000 vonalat tovább vizsgálták az előállított vonalak tulajdonságainak összehasonlítása és fajta előállítás céljából (SALVI, 2016). A felsorolt, növény szaporításával foglalkozó szakirodalmi adatok alapján az olasz nád termesztését akkor lehetne gazdaságosabbá tenni és a biotechnológiai módszerek alkalmazását kiterjeszteni, ha a rizómás szaporítás során a palántánkénti 0,5 Euro költséget tovább lehetne csökkenteni. A következő fejezetben áttérek az *olasz nád biotechnológiai úton történő szaporítóanyag előállításának, termesztésének és hasznosításával kapcsolatos kutatásaim* bemutatására.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. Biotechnológiai módszerrel szaporított hazai és amerikai olasz nád ökotípusok termesztésének és biomassza hozamainak kisparcellás vizsgálata (2010-2016)

A Debreceni Egyetem, a Növény Biotechnológiai Tanszék részére 10 000 m² kertfelületet bocsátott rendelkezésre, ahol számos évelő, lágyszárú és félfás biomassza és/vagy energianövényekkel végeznek biológiai, termesztési és nemesítési kísérleteket (20. ábra).

| <i>Arundo donax</i> ökotípusok | <i>Félfás és lágyszárú, évelő növények</i> | | | <i>III. Miscanthus x giganteus</i> | <i>II. Arundo donax 'STM'</i> | <i>I. Arundo donax 'BL'</i> |
|--|--|----------------------------|------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 1 x 1 M Szaporítás: szomatikus embriógenézis és mikro-szaporítás útján 8 ökotípus: USA, Spanyolország, Magyarország hidegtűrő vonalak, 'Longicaulis' és 'Macrophylla' típusok | <i>Kitaibela x vitifolia</i> | <i>Vitifolia x balanse</i> | <i>Vitifolia x balanse</i> | 1 x 0,5 M | 1 x 0,5 M | 1 x 0,5 M |
| | 0,5 x 1 M | 1 x 1 M | 1 x 1 M | | | |
| | Szaporítás magról | Szaporítás magról | Szaporítás magról | | | |
| | <i>Sida hermaphrodita</i> | <i>Sida hermaphrodita</i> | <i>Sida hermaphrodita</i> | 1 x 0,75 M | 1 x 0,75 M | 1 x 0,75 M |
| | 1 x 0,5 M | 1 x 0,75 M | 1 x 1 M | | | |
| | Szaporítás magról | Szaporítás magról | Szaporítás magról | | | |
| | <i>Arundo donax</i> – színes levelű változatok Szaporítás: szomatikus embriógenézis és mikro-szaporítás útján | <i>Althea cannabina</i> | <i>Kitaibela x vitifolia</i> | 1 x 1 M | 1 x 1 M | 1 x 1 M |
| | | 1 x 1 M | 1 x 1 M | Szaporítás: szomatikus embriógenézis | Szaporítás: szomatikus embriógenézis | Szaporítás: szomatikus embriógenézis |
| | | Szaporítás magról | Szaporítás magról | | | |

20. ábra: A Debreceni Egyetem Jövő Növényei Biomassza Bemutató Kertjében található potenciális biomassza és/vagy energianövények térállások és szaporítás módok szerint (2010-2016)

Forrás: saját szerkesztés

A Debreceni Egyetem Jövő Növényei Biomassza Bemutató Kertben található potenciális biomassza növények egy mészlepedékes csernozjom, mezőségi talajnak megfelelő talajtípusba kerültek. Az 3-4. melléklet a Debrecen városában mért éves és havi hőmérsékleti adatokat (középhőmérséklet, minimum, maximum, átlagadatok), a havi csapadékmennyiséget (mm), a csapadékos napok számát (db), a hótakaró nagyságát (cm) és a napsütéses órák számát tartalmazza 2010-2016 közötti időszakban.

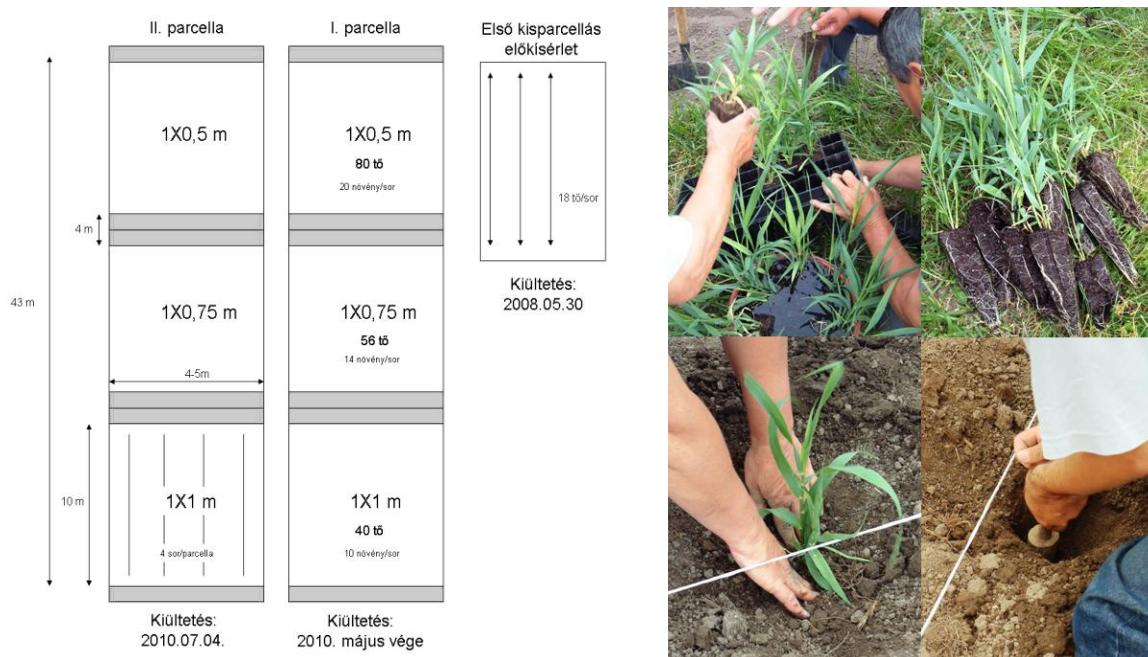
2011-ben az olasz nád számára kijelölt parcellákban vett talajmintavételi adatok alapján megállapítható, hogy egy enyhén lúgos ($7,93 \text{ pH} \pm 0,025$), viszonylag nagy humusztartalmú ($3,14\% \pm 0,407$), jelentős CaCO_3 -tartalommal ($4,67 \pm 0,00$) rendelkező, erősen kötött, agyagos vályog talajon történik a növény kísérleti termesztése. Tápanyagok tekintetében a talaj nitrogéntartalma igen alacsony, de foszfor és kálium tartalma magasnak mondható (ALSHAAL et al., 2014, 5. melléklet).

A kísérleteket az USA-ban előállított 'Blossom' elnevezésű (South Carolina, Columbia, Blossom utca, Congaree folyó partjáról: N33°59.299; W81°02.646) és egy hazai klímára adaptálódott 'STM' fajtával (Magyarország, Újszentmargita környékéről) végeztük. Az *in vitro* úton történő szaporítóanyag előállítás folyamata MÁRTON – CZAKÓ (2002a, b, c, 2007a, b) által kidolgozott módszer alapján a PRO TEAM Nonprofit Kft. (Nyíregyháza) Újszentmargitán található mikroszaporító üzemének és a DE MÉK Növény Biotechnológiai Tanszék munkatársainak több éves közös kutatási munkája alapján történt. Az *in vitro* szaporítás a kiválasztott egyedek embriógenézis indukálásával kezdődött. A növény virágnylását megelőzően a virágzati buga sterilen kimetszett szöveteiből, megfelelő összetételű, kallusz indukációs táptalajra helyezve olasz nád kalluszokat indukáltak. Az embriógén kalluszok fenntartása folyamatos, kallusz fenntartó táptalajon történő passzállással oldható meg szabályozott körülmények között. A regenerációs folyamat a keletkezett kalluszok további több hónapig tartó továbbnevelésével történt, megfelelő táptalajokon és tenyésztési környezetben. A keletkezett növényeket kisselektálták és üvegházban, fóliasátorban akklimatizálták a szabadföldi kiültetésig (ANTAL, 2012).

A biotechnológiai módszerrel előállított olasz nád palánták kiültetése a 21. ábrán látható ültetési forma és rendszer szerint zajlott, a szántóföldi zöldségtermesztésben alkalmazott módszerrel. Az első, biotechnológiai módszerrel előállított USA-ból származó 'Blossom' növények I. parcellába való kiültetése 2010. május végén, a Magyarországról származó 'STM' növények II. parcellába a tavaszi ültetést követően, több, mint egy hónappal, 2010. július 4-én került sor. A különböző kiültetési idő célja volt, az optimális ültetési időpont megválasztása, illetve az ültetési idő hatásának vizsgálata a növények évi és azt következő évek biomassza hozamaira. *A főbb időjárási viszonyokra (3-4. mellékletek) és talajmintavételi adatokra (5. melléklet) alapozva ismertetem a 2010-2016 között, az amerikai (I. parcella) és magyar (II. parcella) olasz nád ökotípus biológiai potenciálját, azok növekedési tulajdonságait, biomassza hozamait és termesztési sajátosságait.*

Az I. és II. olasz nád parcellák talajának előkészítése az előző évi (2009) őszi mélyszántással, eddig műveletlen, gyepes terület feltörésével kezdődött. A szántás elmunkálása az ültetést megelőzően, többszöri talajmarózással történt. I. és II. parcellán belül a növényeket

ágyásonként 4 sorba, 1 méteres sortávolságra, és 3 különböző tőtávolságra ültették, amely alapján 1x1 m-es, 1x0,75 m-es és 1x0,5 m-es térállásokat alakítottunk ki. Mindegyik ágyást egy 1 méteres szegély vette körül, amelyet ún. pufferzónának szántunk (21. ábra).



21. ábra: Az olasz nád kisparcellás kísérletek és a szomatikus embriógenesis útján előállított olasz nád palánták kiültetése a Debreceni Egyetem, Jövő Növényei Biomassza Bemutató Kertben (2008-2016)

Forrás: saját szerkesztés, ANTAL, 2012

A szabadföldi kísérleteinkben az első olasz nád palánták kiültetése a Debreceni Egyetem, Bemutató kertjébe 2008. május végén került sor, amely azóta egy ültetvény felszámolási kísérlet keretében kiirtásra került (21. ábrán látható „Első kisparcellás előkísérlet”). 2011 őszén az előkísérleti parcellában kezdődtek el az ültetvény felszámolásához szükséges kísérletek. Számos tudományos publikáció számolt be a növény hatalmas biomassza hozamairól, valamint a vízparti környezetekben a faj invazivitásáról és egyes esetekben kiirthatatlan terjedéséről. Így szükség volt a természetbe vonást megelőzően egy előre megtervezett eliminálási módszer kidolgozására. A felszívódó gyomirtó szerrel történő kezeléssel sikerült az állományt felszámolni, de a kezelés időpontja meghatározó volt. A legalkalmasabb az őszi időpont, amikor a vegetáció végéhez közelítve a növények elkezdik lebontani szerves anyagaikat, a rizómába húzódva próbálják átvészelní a számukra kedvezőtlen időszakot (ANTAL, 2012; Dr. Tóth Endre, személyes közlés, 2011).

A kísérletekben 2010-es telepítést követően sem öntözést, sem tápanyagutánpótlást nem végeztünk. Csak az ültetést követő 2 hétben a természetes csapadék hiányában 2 alkalommal öntöztük meg a palántákat, hogy minél hamarabb begyökeresedjenek.

A több éves biomassza adatok öntözetlen, kisparcellás szabadföldi körülményekre vonatkoznak. Gyomirtást csak az első évben, az ültetvény záródásáig 2 alkalommal, kézi-, ill. rotációs kapálással végeztünk. A későbbi években nem végeztünk semmilyen sorközművelést, csak a puffer zónát tartottuk gyommentesen évi egy (maximum két) alkalommal történő rotációs kapálás segítségével. A növényvédelem tekintetében a szakirodalmi fejezetben felsorolt kórokozók, kártevők és gyomok megfigyelése, az ültetvény felszámolása és gyomirtási kísérletek Dr. Tóth Endre (korábbi munkahelye: Pro-Team Nonprofit Kft., Nyíregyháza) irányításával és felügyeletével történtek.

Az olasz nád állományokban vett mintavételeket, illetve az állomány betakarítását, a hajtások földfelszín feletti, maximum 10 cm-es szárrészének meghagyásával, metszőollóval, ágvágóval történő visszavágással végeztük 2010-2016 között. 2010 óta számos mintavételezés és betakarítás történt a Biomassza Bemutató Kertbe.

A szegélyhatás elkerülése miatt fajtánként és térállásonként minden alkalommal minimum 10 db növényt értékeltem ki és mindig a középső sorokból történt a véletlenszerű mintavétellel. Tövenként értékeltem ki a növények friss tömegét (g), majd ezt követően súlyállandóságig szárított száraz tömeget (g), a tövenkénti hajtások számát (db), hajtások átlagmagasságát (cm), növények szár-levél arányát (%) és a növekedésük dinamikájának nyomon követését (cm).

Az elvégzett kísérletek és az állomány több éven át tartó (2010-2016) folyamatos megfigyelése alapján meghatároztam az optimális ültetési és betakarítási időpontokat, elvégeztem a növény morfológiai tulajdonságainak, fejlődésének és az állományok télállóságának vizsgálatát. Az évenkénti és hektáronkénti biomassza hozamok megállapítását térállásonként végeztem a betakarításkor mért nedvességtartalom, illetve szárazanyag-tartalom megállapításával, hektáronkénti termésmennyiség becslésével.

A termésbiztonság szempontjából a télállóság, a hidegtűrés kérdésköre igen fontos tényező. A többéves kísérletek során vizsgáltam a tavaszi és a mélynyugalmi állapotban bekövetkező fagyok hatását a növény fejlődésére és biomassza hozamaira. A fagyhatás következtében elhalt tövek nem kerültek pótlásra, így a hektáronkénti biomassza hozam megállapítása a téli fagykár következtében harmadik évtől csökkent tőszámmal történt.

A I-II. olasz nád parcellák éves biomassza hozamait a Bemutató Kertben, az olasz nád állomány közvetlen közelében található, hasonló telepítési rendszerben ültetett *Miscanthus giganteus* – kínai nád termésadataival is összehasonlítottam. Dr. Tóth Szilárd, egyetemi docens felajánlásával lehetőségem volt egy rosszabb és jobb termőképességű talajon (szintén a Bemutató Kertben) található, 'Burton SC' kukorica hibrid biomassza termésadatainak az összehasonlító vizsgálatára is.

A kutató munkám során a Debrecenben mért biomassza hozamokra vonatkozó adatokat összehasonlítottam a külföldi és hazai szakirodalmi adatbázisokból elérhető szakirodalmi forrásokkal. Az összegyűjtött adatok alapján és az ültetvények idejének függvényében határoztam meg a hazai és külföldi viszonyoknak megfelelő biomassza hozamot (száraz tonna/ha), amely alapját képezte az elvégzett gazdasági kalkulációimnak.

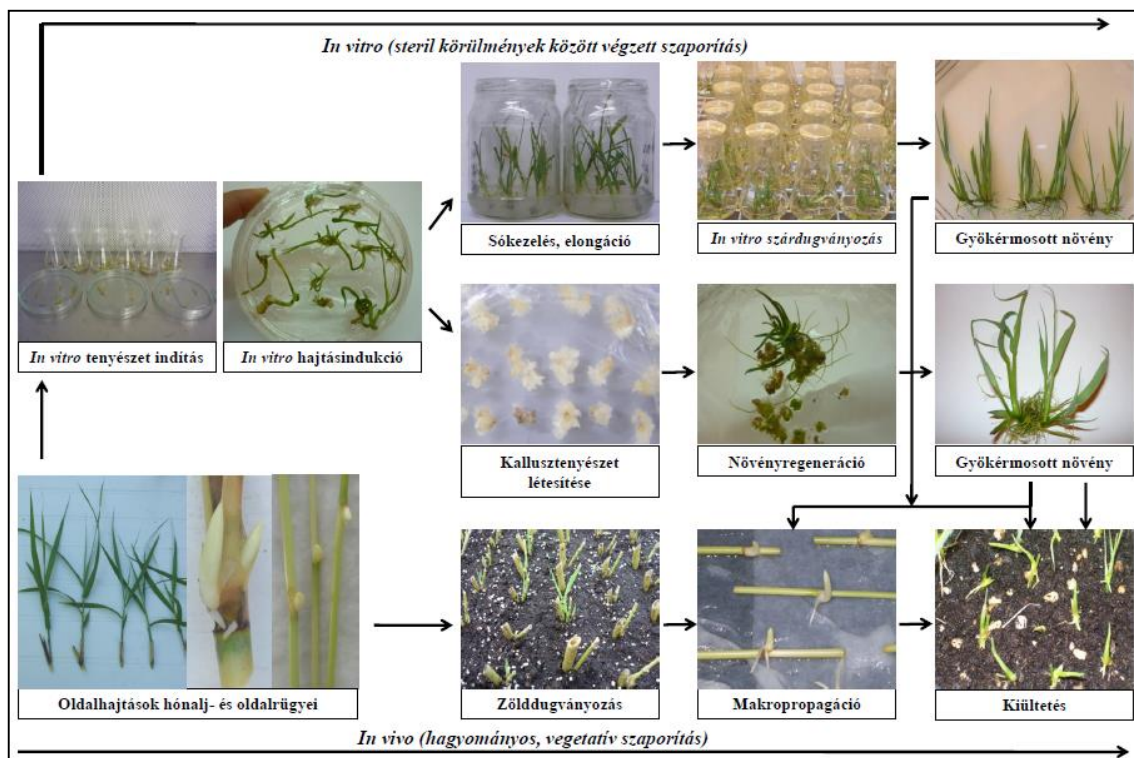
Az adatok kiértékeléséhez és a leíró statisztikai módszereket (átlag, szórás) a Microsoft Excel 2013 programmal végeztem. A kezelések közötti statisztikailag igazolható különbségeket kétmintás t-próbával, egytényezős varianciaanalízissel értékeltem ki 5%-os szignifikancia szint mellett, amelyhez SPSS 13.0 statisztikai programot használtam (SPSS Inc., Chicago, IL). A felsorolt statisztikai próbákat akkor alkalmaztam, ha azoknak alapfeltételei teljesültek. Normalitásvizsgálatot végeztem annak megállapítására, hogy a függő változók normál eloszlásúak-e, illetve a variancia homogenitás feltételének teljesülését is figyelembe vettem, azaz, hogy a függő változók azonos szórással rendelkeznek-e. A varianciaanalízis esetén az átlagok közötti szignifikáns eltéréseket a post hoc teszttel (Scheffe és Tukey próbával) vizsgáltam $p < 0,05$ szinten.

3.2. A téli fagynak ellenállóbb, új hazai olasz nád ökotípusok makro- és mikroszaporítási módszereinek kutatása

Az olasz nád szaporítóanyag előállítási kísérleteim fő célja volt, hogy a mérsékelt klímán a téli fagyoknak jobban ellenálló, hidegtűrő ún. „Longicaulis” olasz nád ökotípusok kiválasztása, új vonalak *in vitro* mikroszaporítási módszerének kidolgozása, az előállított palánták zölldugványról történő makropropagálási lehetőségeinek kutatása, a különböző hagyományos és *in vitro* szaporítási technológiák hatékonyságának értékelése. A kutatásokhoz a hazai klímánkhoz alkalmazkodott és a 2013 őszén a Balaton medence három helyszínéről begyűjtött (Balatonkenese, Balatonlelle, Balatonföldvár) óriás termetű olasz nád egyedek kerültek kiválasztásra. 2012/2013 téli fagyok ellenére ezek a tövek zölden átteleltek és a száruk náduszairól 2013 tavaszán kihajtott tövek kerültek begyűjtésre. A komplex zölldugványozási és *in vitro* szaporítási módszer ANTAL et al. (2014c) alapján történt (22. ábra).

A teljes *in vitro* mikroszaporítási folyamatokat és növények felnevelését a DE MÉK Növény Biotechnológiai Tanszék laboratóriumában és a DE Agrártudományi Központ üvegházában végeztem. Az előállított olasz nád ökotípusok és színes levelű változatokat Debrecenbe a Fenntartható energetika megújuló energiaforrások optimalizált integrálásával, TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0041 sz. projekt keretein belül kerültek kiültetésre. A több mint 2 évig tartó *in vitro* kutató munka eredményeképpen a kisselektált ökotípusokat és előállított színváltozatok elsősorban a biológiai alapanyag megőrzése, a hidegtűrőségük és ezzel összefüggő

morfológiai, biológiai, genetikai tulajdonságaik és további termesztéstechnológiai elemek (pl. különböző gyomirtási technológiák – TAKÁCS, 2015) tanulmányozása és értékelése céljából vizsgáltuk.



22. ábra: Az olasz nád szaporítása mikro- és makropropagálási módszerrel

Forrás: saját szerkesztés, ANTAL et al., 2014c alapján

3.3. Az olasz nád szaporítóanyag előállítás, termesztés és hasznosítás ökonómiai elemzésének módszertana

A közös kutatási együttműködés keretein belül 2010/2011-ben a debreceni kiültetéssel egy ütembe indult meg számos helyszínen az olasz nád szabadföldi termesztési kísérletek. A palánták előállítása és szabadföldi kiültetése hasonló volt a Debreceni Egyetem Jövő Növényei Biomassza Bemutató Kertben történő kísérletekkel. A PRO TEAM Nonprofit Kft. által előállított és a KITE Palántagyárban akklimatizált (Derecske) és felnevelt, 6-10 hetes palántát helyeztek ki kispárcellás és több hektáros kísérletekben. A világon Kínába, USA-ba, Olaszországba, Spanyolországba, Romániába, Ukrajnába és Szlovákiába is kerültek ki olasz nád palánták. Magyarországon, Martonvásáron, Piricsén, Böhönyén, Andocson, Kaszópusztán, Devecseren, Nagymányokon, Tizsasason indultak meg először a biotechnológia módszerrel, szomatikus embriogenezis útján szaporított olasz nád szabadföldi termesztés kísérletei. Ezt követő években még számos más helyszínen, hazánkban és külföldön is megindultak a növény nagyobb területeken történő termesztési kísérletek is.

A disszertációmban az általam megismert és a kutatásaim során kifejlesztett olasz nád szaporítóanyag előállítási technológiák hatékonyságát és gazdaságosságát kívánom összehasonlítani a szakirodalomban elérhető adatokkal, a növény termesztésével és szaporítóanyag előállítással foglalkozó cégek jelentései alapján összevetett technológiákkal.

PILU et al. (2012), CORNO et al. (2014) gazdasági kalkulációi szerint a növény termesztésében a legnagyobb költséget a szaporítóanyag költsége teszi ki. A növény gazdaságos termeléséhez a szaporítóanyag darabonkénti költségét 0,5 Euro alá indokolt csökkenteni.

Céлом a kutatásaim során megismert és kifejlesztet, hagyományos (szárdugványozás és rizómás szaporítás) és *in vitro* (mikroszaporítás vagy szomatikus embriógenezis) útján történő szaporítási eljárások bemutatása, azok teljesítménymutatóinak összehasonlítása volt különböző szempontok alapján.

A kutatásomhoz szükséges adatok elsősorban saját primer adatgyűjtésből származtak, a kapott eredményeket szekunder forrásból származó adatokkal hasonlítottam össze. A kutatásokhoz külföldi szakirodalmi forrásokból származó szaporítóanyag előállítási technológiákat, a MOP Biotech Kft. részemre bocsátott és általam gyűjtött adatokat, olaszországi (*Arundo Italia Co. Ltd.*) és hazai magáncégek (*Arundo Cellulóz-farming Kft. stb.*) jelentéseit használtam fel.

A növény szaporítóanyag előállításával és termesztésével kapcsolatos gazdasági elemzéseimet az alábbiak szerint végeztem. Magyarország klimatikus viszonyait figyelembe véve a leghatékonyabbnak vélt olasz nád szaporítóanyag előállítási technológia költség-haszon elemzését végeztem el, a biotechnológiai módszerrel előállított, szomatikus olasz nád palánták szaporítóanyag előállításának két fő szakaszának (laboratóriumi és palántanevelői) jellemzésével. A főbb teljesítménymutatók megállapítását, az egységnyi kiindulási anyagból (750 ezer) és egy évben a vizsgált cég kapacitásainak figyelembe vételével maximális előállítható (2 millió) palánta mennyisége alapján határoztam meg. Ezen csoportosítások alapján határoztam meg a termelési költségeket költségnemenkénti bemutatásban, a kibocsátási viszonyokat (hozam, értékesítési ár, termelési érték), a termelés eredményének és hatékonyságának értékelésével. A vizsgált szomatikus palánta szaporítóanyag technológia során az előállításhoz szükséges berendezések, eszközök jelentős részét bérelte a vizsgált cég, de a legfontosabb nagyobb értékű eszközöket megvásárolta, amelyek bekerülési értéke a beszerzés helyétől függően változhat. Egy termelési ciklusnak megfelelő, évenként felmerülő előállítási költségek, termelési érték és jövedelemviszonyok, a szaporítóanyag előállítás önköltségi ára és a költségarányos jövedelmezőség meghatározásával kapott eredményeimet összehasonlítottam hasonló és más módszerrel történő szaporítóanyag előállítási technológiákkal (rizómás és más *in vitro* szaporítási technológiával).

A számításaim pénzneme forint (HUF) volt, de a nagyon kevés elérhető információ miatt számításaimat külföldi cégek jelentéseivel és nemzetközi tudományos publikációkkal tudtam csak összehasonlítani, amely során a 2014. évi napi átlagos MNB (HUF-EUR) középárfolyam átlagait vettem alapul, ami 308,66 Ft/Euro volt.

A több éves kutató munkám alapján összeállítottam egy hazai termesztésre javasolható olasz nád termesztési technológiát a termelési költségek függvényében, műveletenkénti és az ültetvény 20 éves termesztési időtartamára vonatkozólag. A javasolt termesztéstechnológiai elemek (talaj-előkészítés, szaporítóanyag kiválasztás, telepítés, ápolási munkák, betakarítás) és annak költségei a MOP Biotech Kft. által létrehozott hazai olasz nád ültetvények magyarországi termelési költségei c. kiadvány alapján kerültek bemutatásra. A termesztés várható költségei a Magyarországon a 2012-2014 között létrehozott biomassza ültetvények átlagos adatait tartalmazzák, azonban a termőhelyek pontos leírására és bemutatására nem kaptam engedélyt. A termelési értékek és jövedelemviszonyok a Magyarországon lehetséges, a feldolgozóipar hiányában csak tüzelőanyagként (száraz apritékként) történő felhasználási módtól függően kerülnek megállapításra különböző árbevétel (8 000, 12 000, 16 000 Ft) függvényében.

Az olasz nád piaci bevezetését és szélesebb körű hasznosításában szerepet játszó legfontosabb kockázati tényezőket különböző szempontok (biológiai, ökológiai, környezetvédelmi és ökonómiai) szerint csoportosítottam, amely alapján egy olasz nád termesztésének előnyeit és hátrányait összefoglaló táblázatot készítettem el. Az olasz nád zöld és száraz bioipari nyersanyagként egyaránt különböző hasznosítási lehetőségei ismertek. A növény eddigi legfontosabb hasznosítási lehetőségeit szakirodalmi adatok alapján más potenciális biomassza növényekkel történő összehasonlításban végeztem el. A száraz biomassza felhasználási lehetőségei alapján határoztam meg a növény potenciális (laboratóriumi) fűtőértékét összehasonlítva más potenciális lágyszárú biomassza növényeknél mért adatokkal. A növény biogázként és bioetanolként történő hasznosítási lehetőségeit, annak gazdaságosságát más biomassza növényekkel szemben külföldi szakirodalmi források, külföldi magáncégek és projektek zárójelentései (Beta Renewables, *Arundo Italia Co. Ltd.* stb.) alapján kívánom bemutatni.

4. VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK ÉS AZOK ÉRTÉKELÉSE

A 4. fejezetben a kutatásaim eredményeit az elvégzett kutatások időrendi sorrendjében kívánom ismertetni, az alábbiak szerint. Az első részben a hazai és az amerikai olasz nád ökotípusok Debrecenben végzett kisparcellás termesztési kísérleteim legfontosabb eredményeit, a második részben a hazai klímára adaptálódott, hidegtűrőnek vélt olasz nád ökotípusok *in vitro* szaporítóanyag előállítási kísérleteimet, elsősorban az elvégzett kísérletek jelentősége és a szaporítóanyag előállítási technológia hatékonysága szempontjából ismertetem. A harmadik részben a növény leghatékonyabbnak vélt, biotechnológiai úton történő hazai szaporítóanyag-előállításának és termesztésének költség-haszon elemzésére, az olasz nád hasznosításában eddig elért, gyakorlati hasznosíthatóság szempontjából fontosabb eredményekre térek ki más biomassza növényekkel történő összehasonlításban. Végül egy összefoglaló táblázattal kívánom az olasz nád piaci bevezetését megalapozó biológiai, ökológiai, környezetvédelmi és ökonómiai szempontból fontos tényezőket bemutatni.

4.1. Biotechnológiai módszerrel szaporított hazai és amerikai olasz nád ökotípusok termesztésének és biomassza hozamainak kisparcellás vizsgálatának eredményei (2010-2016)

A 4.1. fejezetben a Debreceni Egyetem, Jövő Növényei Biomassza Bemutató Kertjében végzett olasz nád termesztésével, biomassza hozamaival és hidegtűrésével kapcsolatos kísérleteimet mutatom be évenkénti lebontásban 2010-2016 közötti időszakban. Összehasonlítva ugyanazon a területen, ugyanazon telepítési rendszerben, szintén *in vitro* módszerrel előállított kínai nád biomassza értékeivel és a szakirodalmi forrásokban található, hazánknál melegebb klímájú területeken mért átlagos biomassza hozamokkal.

4.1.1. Első évi növekedés, biomassza hozamok és azok összehasonlítása a kínai náddal (2010/2011)

A 2010. május végén telepített, I. olasz nád parcella (amerikai) állománynak első évi növekedési jellemzőit, a tövenkénti átlagos friss tömegeket, a hajtások átlagmagasságát és a tövenkénti hajtások számát a 6. melléklet mutatja be két betakarítási időpont és a három térállás függvényében.

5 hónapos tenyészidőszak alatt a május végi telepítésű parcella állományai 2010. október végére meghaladták a 2,5 métert, a 2011 februári betakarításkor a hajtások átlagmagassága 215-230 cm közötti volt térállástól függően. A keletkezett hajtások hosszára a különböző térállásoknak nem voltak szignifikáns hatása, de a két különböző betakarítási időpontokban mért átlagmagasságok között szignifikáns különbség mutatható ki (6. melléklet). Az első évben

térállástól függően a növény tövenként átlagosan 14-18 db hajtást fejlesztett, amely 2011. februári betakarításkor 13-16 db/tő volt átlagosan. Sem a térállás, sem a betakarítási időpont nem volt szignifikáns hatással a keletkezett hajtások számára (6. melléklet). A friss tömegek (g) tekintetében a legtöbb biomassa az 1x1 és az 1x0,75 méteres térállás esetén volt (növényenként átlagosan 4929,20 g és 3720,40 g sorrendben), közöttük nem mutatható ki szignifikáns különbség, de az 1x0,5 méteres térállású tövekhez képest igen. Az októberi betakarítási időpontokhoz képest a növény friss tömege szignifikánsan csökkent a februári betakarításra, kivéve a 1x0,5 méteres térállásban (6. melléklet). A tavaszi időpontra történő biomassa csökkenése a tenyészidőszakban felhalmozott tápanyagok rizómákba való visszaszállítódásából és a nedvességtartalom csökkenéséből adódhatott.

A május végi telepítésű (I. olasz nád parcella) állományok első évi biomassa hozamai alapján megállapítható, hogy a növény termesztéséhez elegendő az 1x1 méteres térállás, mivel a sűrűbb növényállomány nem növelte az elérhető biomassa mennyiségét, de a telepítés költségeit nagyban befolyásolja. Így a következőkben elsősorban az 1x1 méteres térállásban ültetett két különböző olasz nád ökotípus és kínai nád állományok biomassa hozamai kerülnek bemutatásra.

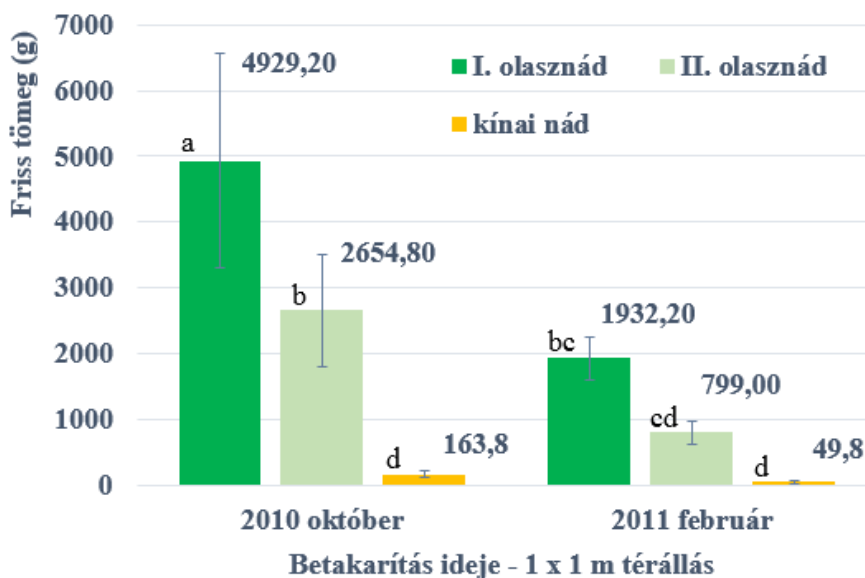
A 2010. október végén az olasz nád állományok betakarítása zöld állapotban (23A. ábra), a nyugalmi időszak előtt történt magas, 66,6%-os nedvességtartalommal, addig a kínai nád állomány nedvesség-tartalma 58,7%-os volt. 2011. februári betakarításra a növények visszaszállították a tápanyagokat a földben lévő rizómákba, elsárgultak, látszólag száraznak tűnő olasz nád állomány nedvességtartalma 49,2%-os, a kínai nád állomány 29,4%-os volt (23B. ábra).



23. ábra: Az első éves olasz nád és kínai nád állományok (Debrecen – 2010/2011)

Forrás: saját fotó és összeállítás. Megjegyzés: A) I. olasz nád parcella állománya zöld állapotban, 2010 augusztusban B) II. olasz nád állomány és kínai nád állomány téli betakarításkor

Az 1x1 méteres térállásban telepített hazai és amerikai olasz nád ökotípusok és a kínai nád állományok első évi növényenkénti friss tömegét a 24. ábra mutatja a két betakarítási időpont függvényében. A 2010. májusi ültetésű (I. parcella), illetve a 2010. július eleji telepítésű (II. parcella) olasz nád és a kínai nád állományok első évi tövenkénti friss tömegei (g) között szignifikáns különbség mutatható ki. Az ültetés ideje hatással volt az első évi biomasszára, a későbbi ültetési időpont az október végi betakarításkor 46-47%-al, a februári betakarításkor 58-59%-al kevesebb friss biomassza hozamot eredményezett. A betakarítás ideje ezzel összefüggésben így szignifikánsan befolyásolta az első évi biomasszát mind a két ültetési időpont esetén. A kínai nád első év végi biomassza növekedése jóval alul maradt az azonos időben kiültetett olasz nád biomasszájához képest. Az első évben, a 2010. októberi betakarításkor a II. olasz nád parcella friss tömege (g) tövenként átlagosan 2 654,8 g, a kínai nád 163,8 g volt. Mind a betakarítási időpontok mind a növényfajok között mért friss tömegek átlagai között szignifikáns különbség mutatható ki (24. ábra).

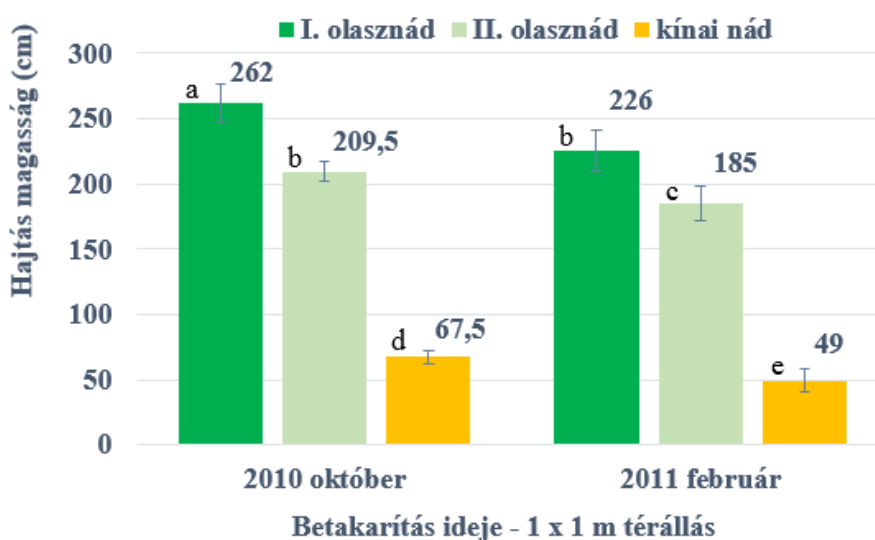


24. ábra: Az olasz nád és a kínai nád állományok első évi tövenkénti friss tömege (g) két különböző betakarítási időpontban 1x1 méteres térállásban (Debrecen – 2010/2011)

Forrás: saját vizsgálat és szerkesztés. Az oszlop tetején az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket mutatják, amelyet Scheffé próbával, $p < 0,05\%$ szinten határoztam meg.

A 25. ábra mutatja be az első évben a 1x1 méteres térállású olasz nád és kínai nád állományok átlagmagasságát (cm) a két betakarítási időpont függvényében. Az I. és II. olasz nád parcella eltérő ültetési ideje hatással volt a keletkezett hajtások hosszára (cm), közöttük szignifikáns különbség mutatható ki az azonos betakarítási időpontok esetén. A későbbi telepítésű II. olasz nád parcella 2010. októberre meghaladta a 2 méteres magasságot, azonban 2011. februárban átlagosan 185 cm volt. A 2010 októberi betakarításkor a II. olasz nád parcella

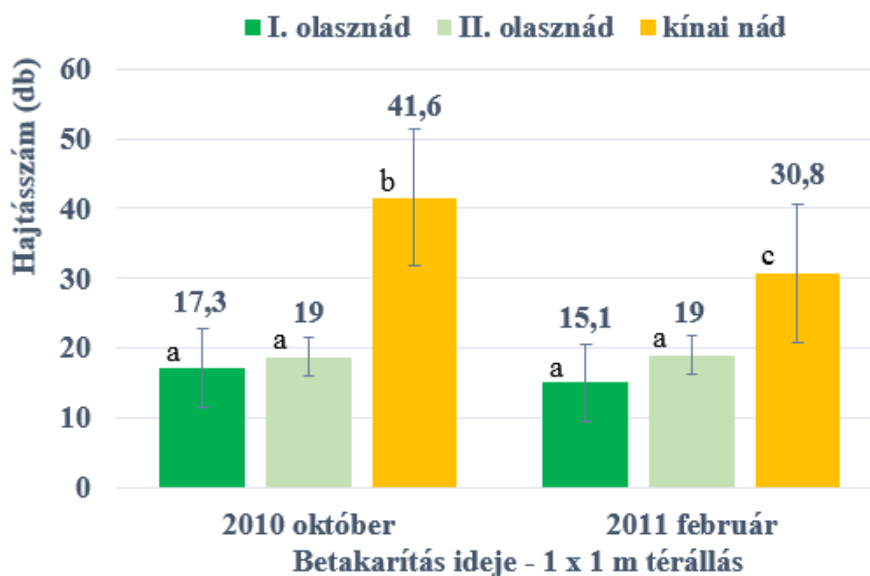
átlagmagassága elérte a 2 métert, azonban a kínai nád a telepítés évében átlagosan 67,5 cm volt az 1x1 m térállásban. Mind a betakarítási időpontok, mind a növényfajok között mért szárhosszúság (cm) között szignifikáns különbség mutatható ki (25. ábra).



25. ábra: Az olasz nád és a kínai nád állományok első évi átlagmagassága (cm) két különböző betakarítási időpontban 1x1 méteres térállásban (Debrecen – 2010/2011)

Forrás: saját vizsgálat és szerkesztés. Az oszlop tetején az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket mutatják, amelyet Scheffe próbával, $p < 0,05\%$ szinten határoztam meg.

A 26. ábra mutatja be a 1x1 méteres térállású olasz nád és kínai nád állományok első évben keletkezett hajtásainak számát (db) két betakarítási időpont függvényében. Az I. és II. olasz nád parcella tövenként az első évben ültetési- és betakarítási időpont függvényében átlagba 15-19 db hajtás hozott. A 2010. júliusi kiültetési állomány hajtásszáma több volt (19 db/tő), mint a 2010. május végi állománynak. Az ültetési időpontoknak nem voltak statisztikailag kimutatható hatással az olasz nád ökotípusok hajtásainak számára, de a növényfajok között szignifikáns különbség mutatható ki. 1x1 méteres térállásban a kínai nád az első évben tövenként átlagosan 41,8 db hajtást, míg az olasz nád esetén 15-19 db hajtás keletkezett. 2011. februárra a kínai nád hajtások száma szignifikánsan lecsökkent, ez abból adódhatott, hogy októberben még zölden kerültek az 50-60 cm-es hajtások betakarításra. 2011. február végére azonban ezek a vékony, kicsi szárok a levelekkel együtt szinte teljesen elvékonyodtak és elszáradtak (26. ábra).

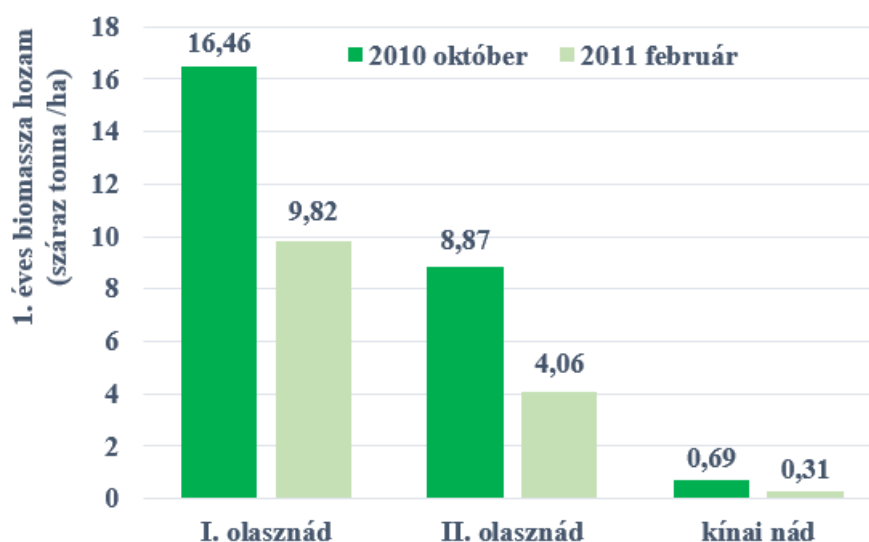


26. ábra: Az olasz nád és a kínai nád állományok első évi hajtások száma (db) két különböző betakarítási időpontban 1x1 méteres térállásban (Debrecen – 2010/2011)

Forrás: saját vizsgálat és szerkesztés. Az oszlop tetején az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket mutatják, amelyet Scheffe próbával, $p < 0,05\%$ szinten határoztam meg.

A telepítés első évében elért biomassza adatok alapján összességében megállapítható, hogy a vizsgált olasz nád és kínai nád növények első évi biomasszáját a térállás, az ültetési és a betakarítási idő nagyban befolyásolta.

A 27. ábra adatai alapján látható, hogy az amerikai ökotípus (I. parcella) 5 hónapos tenyészidőszak alatt, október végi betakarítással hektáronként 16,46 száraz tonna/ha, a magyar ökotípus (II. parcella), 4 hónapos tenyészidőszak alatt 9,82 száraz tonna/ha biomassza hozamot ért el. A kínai nád száraz biomassza hozama nem érte el az 1 száraz tonna/ha-t a telepítés évében. Az első évben nyugalmi időszakban 2011. februárban történő betakarítással, az 1x1 méteres térállású, május végi telepítésű I. olasz nád parcella 9,82, július eleji telepítésű II. olasz nád parcella 4,06, a kínai nád 0,31 száraz tonna/ha hozamra esett vissza (27. ábra). A 2011. február végi betakarításra az állományok biomasszájának nagyarányú csökkenése a víztartalom csökkenéséből és a tápanyagok talajba történő visszaszállításából adódhatott.



27. ábra: Az olasz nád és a kínai nád állományok első évi biomassza hozama (száraz tonna/ha) két különböző betakarítási időpontban 1x1 méteres térállásban (Debrecen – 2010/2011)

Forrás: saját vizsgálat és szerkesztés

4.1.2. Második évi növekedés, biomassza hozamok és azok összehasonlítása más növényekkel (2011/2012)

A második évben (2011/2012) a tenyészidőszak kezdetével, áprilisban mindegyik tő fejlődésnek indult. A különböző betakarítási időpontok nem voltak hatással a tövek télállóságára. 2011.05.08-án, egy éjszakán, -8°C-os fagynak hatásait a növény levelein tapasztalni lehetett, de a fagykár tünetei 2011. augusztusra már nem voltak észrevehetőek az állományban, a növény későbbi fejlődésében nem okozott károkat.

A 2011. júliusi mintavételezéskor az olasz nád átlagmagassága elérte a 2,5-2,7 métert. Ehhez hozzájárult, hogy a mintavételezés időpontját megelőző 1-2 hét nagyon csapadékos időszak volt (4. melléklet), így az állomány fejlődéséhez optimális környezeti tényezők álltak rendelkezésre. Az ültetvény tájolásának is szerepe van a természetben, az árnyakosabb keleti oldalon az augusztus végén, még szinte csak előtörő 50 cm hajtások, hetenként átlagosan fél métert is gyarapodtak. Ezek a hajtások, október elejére megközelítették a 3 méteres hosszúságot. A naposabb, nyugati oldalon a hajtások hetenként kb. 30 cm-et növekedtek, október elejére átlagosan 2 méteres magasságot tudtak csak elérni (ANTAL, 2012). A mérések alátámasztják WEBSTER et al. (2016) és SABLOK et al. (2014) olasz nád növekedésére vonatkozó megállapításait.

A 28. ábra mutatja be a 2011. október elején, még fejlődésben lévő, zöld biomassza állományokat.

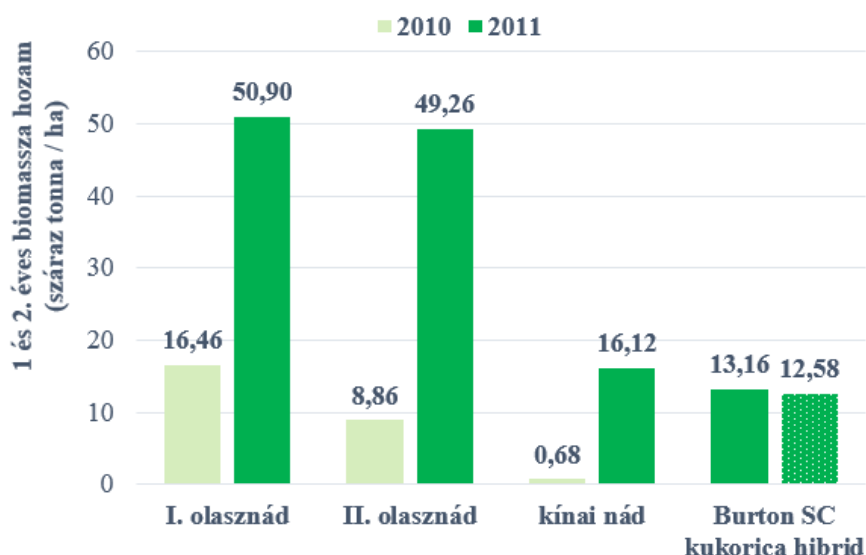


28. ábra: Az olasz nád és kínai nád második éves állományok őszi betakarításkor (Debrecen – 2011)

Forrás: saját fotók és összeállítás, 2011 október. Megjegyzés: A) I. olasz nád állomány, B) balra II. olasz nád állomány, jobbra I. olasz nád állomány, C) II. olasz nád állomány, D) kínai nád állomány

A 2011. októberi mintavételkor a száraz tömeg meghatározása mellett az olasz nád és a kínai nád levél-szár aránya is meghatározásra került. A 2011 október eleji mintavételezés időpontjában egyes hajtások már virágba végződtek és meghaladták a 4 méteres magasságot is. A levél-szár arány megállapításakor a kiugró értékeket (1 méter körüli, 4 méter feletti hajtásokat) nem vettem figyelembe. Az elvégzett mérések alapján megállapítható, hogy egy átlagosnak mondható, 2,5-3 méteres magasságú olasz nád levél és szár egymáshoz viszonyított aránya 2,2:1 volt. A kínai nád levél-szár aránya, 3,7:1 módosult. Ez a betakarításkor nagyon fontos tényező a biomassza minősége (különböző elemtartalom, hamutartalommal összefüggő fűtőérték és egyéb minőségi paraméter meghatározásában) és mennyisége (betakarításkori veszteség) szempontjából. A kínai nád nagyobb arányú levélaránya eredményezheti a kevesebb biomassza mennyiséget az olasz nádhoz képest.

Az I. és II. olasz nád parcella, a kínai nád és a két eltérő termőképességű talajon lévő 'Burton SC' hibridkukorica 2011-es évi biomasszára vonatkozó adatait októberi betakarításkor a 29. ábra mutatja be.



29. ábra: Első és második éves olasz nád, kínai nád állományok és egy 'Burton SC' kukorica-hibrid biomassza hozamai (száraz tonna) hektárra vetítve (Debrecen – 2011 október)

Forrás: saját vizsgálat és szerkesztés. Megjegyzés: a Burton 'SC' kukorica hibrid biomassza adatainál a második oszlop egy rosszabb termőképességű talaj adatait mutatja be.

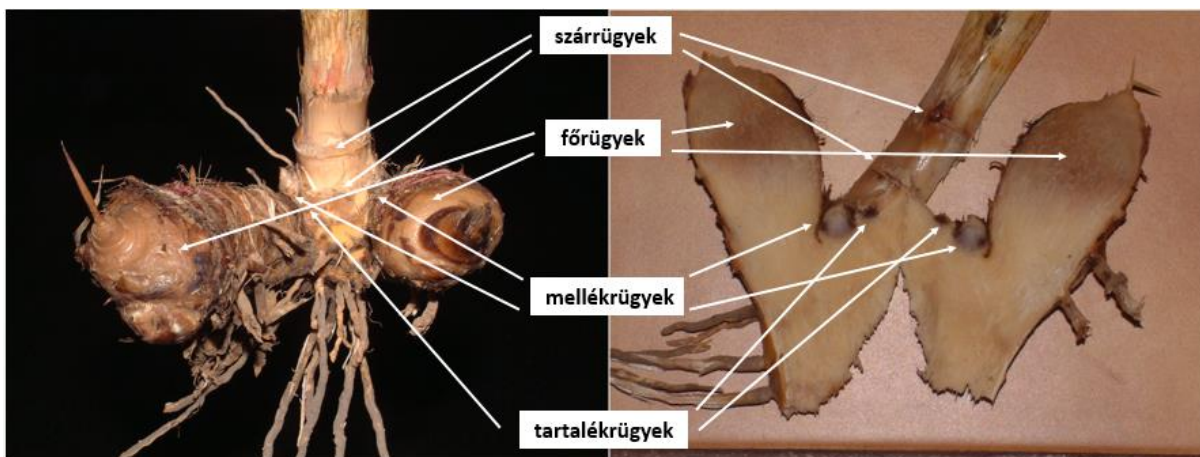
A 29. ábra adatai alapján látható, hogy második évben I. olasz nád parcella biomasszája hektárra vetítve októberi mintavételekor 50,90, a II. olasz nád parcella 49,26, a kínai nád 16,12 száraz tonna/ha volt. Az előző év azonos időpontjához képest az I. olasz nád parcella háromszor, a II. olasz nád parcella ötször nagyobb biomassza hozamot ért el, amely a kínai nád esetén huszonháromszoros volt. Az azonos időpontban kiültetett II. olasz nád állomány háromszor több biomasszát hozott, mint a kínai nád. Az állományok betakarítása szinte zölden történt (28. ábra), a mérés időpontjában az olasz nád állomány 59,62%-os, a kínai nád 56%-os nedvességtartalommal rendelkezett. A szárazanyag-tartalom előző évhez képest sokkal nagyobb mértékű aránya valószínűleg az augusztus elejétől kezdődő szárazságnak, az október eleji napsütéses órák számának és a viszonylag magas hőmérsékletnek tulajdonítható (4. melléklet).

A két növény termésadatait összevettem szintén a Jövő Növényei Biomassza Bemutató Kertben megtalálható, 'Burton SC' kukorica hibrid biomassza szártömegével, egy jobb és egy rosszabb termőképességű talaj termésadataival. A 'Burton SC' kukorica hibrid biomassza tömege 65 ezer t/ha átlagos csíraszámmal számolva rosszabb termőképességű talajon 20,97 t/ha, jobb termőképességű talajrészén 21,93 t/ha, amely száraz tonnában kifejezve 12,58 és 13,16 tonna/ha volt. Ehhez a biomassza potenciálhoz a gyengébb minőségű talajon 14,14 tonna/ha, illetve a jobb minőségű talajon egy 18,40 tonna/ha csőtermést takarítottak be. 80:20% szemkihozatali aránnyal számolva gyengébb minőségű talajon 2,82 t/ha, jobb

minőségű talajon 3,68 t/ha betakarítható szemkihozatalra tehető (Dr. Tóth Szilárd személyes közlése alapján, az általuk mért csőtömeg adatok alapján, 2011). A második évben a nyugalmi időszak végén (2012 tél) nem történt pontos mérés az állományok biomassza termésének meghatározására az elhúzódó és hideg téli időszaknak köszönhetően. Az állomány teljes betakarítása csak 2012. április végén következett be a tövek megindulását követően, amelynek eredményei nem összehasonlítható az első éves biomassza adatokkal. Összességében elmondható, hogy az első és a második évben az olasz nád hektárra átszámítva nagyobb biomassza hozamot ért el kínai nád képest (29. ábra).

4.1.3. Harmadik és negyedik évi növekedés, hidegtűrés, biomassza hozamok és azok összehasonlítása a kínai náddal (2012-2014)

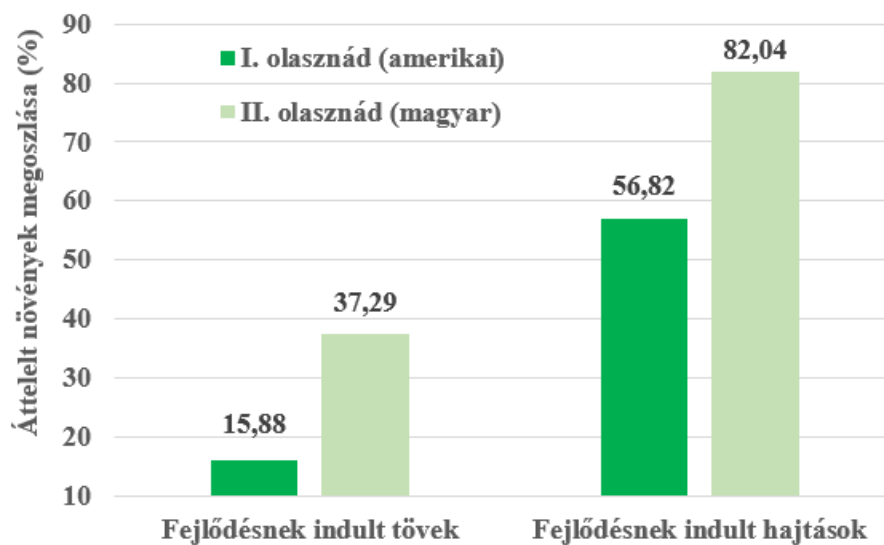
A harmadik évben, 2012. februárban 2 héten keresztül -20°C alatti hőmérséklet, téli csapadék (hótakaró) hiánya komoly fagykárokat okozott az olasz nád állományokban. A növény földalatti, tápanyagok raktározására alkalmas rizómáinak fő-, mellék- és tartalékrügyei is elfagytak (30. ábra).



30. ábra: Az olasz nád rizóma fő-, mellék-, tartalék- és szárrügyeinek elfagyása téli fagykár következtében (Debrecen - 2012)

Forrás: saját fotók és összeállítás

A 31. ábra mutatja be az I.–II. olasz nád parcella fejlődésnek indult töveinek és hajtásainak megoszlását a 2011-es évhez viszonyítva a fagykárt követően, 2012. június elején. A felvételezéskor a meleg éghajlatról, amerikából származó I. olasz nád parcellák 56,82%-a, a magyarországi éghajlatról származó állomány 82,04%-a indult fejlődésnek. A felvételezés időpontjáig kihajtott hajtások száma még alacsonyabb volt az előző (2011) évhez képest a fagykárnak köszönhetően. Az amerikai ökotípus 15,88%, a magyar ökotípus 37,29%-a hajtott ki a 2012. június eleji időpontig.



31. ábra: 2012 februári fagykár követően fejlődésnek indult I.–II. olasz nád parcellák töveinek és hajtásainak megoszlása (Debrecen – 2012. június)

Forrás: saját vizsgálat és szerkesztés

A felmérések alapján megállapítható, hogy a rizómának nagysága és rügyeinek típusa meghatározza a föld feletti hajtások átmérőjét és hosszát, így az elérhető biomassza mennyiségét. Ezek alapján a legnagyobb méretű, fő rizómarügyből keletkezik a legnagyobb tömeget adó hajtás is. A hajtások típusának osztályozásakor (a rizómarügyből történő kihajtásuk alapján) megállapítható, hogy az állományok esetében a fő rizómarügyek kihajtása 2-3%-os volt, leginkább a tartalékrügyek (70-72%) hajtottak ki, amelyekből a legvékonyabb és legkisebb tömegű hajtások keletkeznek (30. ábra).

A 31. ábra adatai alapján látható, hogy hatalmas különbség van a két állomány fagyűrésében. A két különböző éghajlatról származó olasz nád állományok morfológiai tulajdonságainak tanulmányozásakor megállapítható, hogy a melegebb éghajlatról származó I. olasz nád parcella rizómái nagyobb gömb alakúak, robosztusabbak, a tő belső részétől jobban eltávolodnak, leginkább a talajfelszín közelébe találhatóak. A Magyarországról származó növények rizómái mélyebbre hatolnak a talajba, kisebb méretű rizómái, zártabban helyezkednek el, nem távolodnak el a tövektől (ANTAL et al., 2012). A megfigyeléseket a típusonként és térállásonként mért tőátmérő is alátámasztja. Az USA-ból származó típus tőátmérője átlagosan 52,41 cm-es, a hazai típus 42,56 cm-es volt. A két különböző éghajlatról származó típusok tőátmérője szignifikánsan eltér egymástól az ugyanazon térállások esetén (12. melléklet).

A harmadik évben, 2013 tavaszi betakarításkor térállástól függetlenül az amerikai ökotípus hektárra átszámítva átlagosan 2,42, a magyar ökotípus átlagosan 4,18 száraz tonna biomasszát

állított elő a fagykárt követően. A 2012. évi fagykárnak a 2014-es évi biomasszára is hatással volt.

Az I–II. olasz nád és a kínai nád negyedik éves biomassza hozamai és kihajtott tövek százalékos megoszlását a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat: Az olasz nád és kínai nád állományok negyedik éves biomassza hozamai és a fagykár következtében kihajtott tövek megoszlása térállásonként (Debrecen –2013/2014)

| 4. éves biomassza hozam (2013/2014) (száraz tonna/ha) | | | | Kihajtott tövek a 4. évben (2013, %) | |
|--|----------------------------|---------------------------|------------------|---|---------------------------|
| Térállás (méter) | I. olasz nád (amerikai) | II. olasz nád (magyar) | kínai nád | I. olasz nád (amerikai) | II. olasz nád (magyar) |
| 1x1 | 9,25 (18,50) | 13,37 (17,83) | 16,74 (16,74) | 50,00 | 75,00 |
| 1x0,75 | 19,85 (25,86) | 19,58 (26,74) | 13,31 (13,31) | 76,79 | 73,21 |
| 1x0,5 | 5,08 (12,71) | 18,40 (24,54) | 8,03 (8,03) | 40,00 | 75,00 |
| Átlag | 11,40 ± 7,62 | 17,12 ± 3,30 | 12,69 ± 4,39 | 55,59 | 74,40 |

Forrás: saját vizsgálat és szerkesztés, Megjegyzés: zárójelben található számok fagykár nélküli becsült adatokat jelentik, a negyedik évi biomassza adatok alapján

A negyedik évben az I. olasz nád parcella biomassza hozama átlagosan 11,40 száraz tonna/ha volt, amely az egyes télállásokban nem haladta meg az első évi 9,82 tonna/ha átlagos biomassza hozamot sem. A magyar éghajlatról származó, II. parcella biomassza hozama térállástól függetlenül 17,12 száraz tonna/ha volt.

A melegebb éghajlatról származó ökotípus állománya átlagosan 55,59%-ban, a hazai klímára adaptálódott ökotípus állománya 74,40%-ban tudott regenerálódni (3. táblázat), amely arányok a későbbi években állandósultak. *Az elhalt tövek későbbiekben nem kerültek pótlásra, ezért a hektáronkénti biomassza hozam megállapítása a 4. évtől csökkent tőszámmal történt.* Abban az esetben, ha a 4. éves állomány tövenkénti átlagos biomasszára kalkulálunk, és nem vesszük figyelembe az állomány nagymértékű kipusztulását (közel 25-45%), eredeti tőszámmal számolva az ökotípusok hozama elérte volna a 20 száraz tonna/ha-t (3. táblázat). Fontos kiemelni, hogy ellentétben az olasznáddal, a kínai nád állományokban nem történt fagykárosodás.

A negyedik éves olasz nád állományok betakarításkori állapotban a 32. ábrán láthatóak.



32. ábra: Negyedik éves olasz nád állományok (Debrecen – 2014 február)

Forrás: saját fotók és összeállítás. Megjegyzés: A) Magyarországról származó ökotípus (II. parcella), B) melegebb éghajlatról, amerikából származó ökotípusok (I. parcella)

Számos szakirodalmi forrás bebizonyította a növény genetikai azonosságát (AHMAD et al., 2008; MARIANI et al., 2010; HARDION et al., 2012; PILU et al., 2014) a különböző kontinensről és éghajlatról begyűjtött olasz nád egyedek alacsony genetikai variabilitását. De mégis léteznek eltérő morfológiai tulajdonságokkal rendelkező ún. ökotípusok, amelyet a szakirodalom és az eddig bemutatott fagykárrel kapcsolatos kutatásaim is alátámasztják. Ezek az ökotípusok valószínűleg az éghajlat hatására alakulhattak ki, ezt bizonyítja a két eltérő éghajlatról származó ökotípusok közötti markáns különbségek (31. ábra). Poliploid (többszörös kromoszómaszámmal rendelkező) növény révén ezek a változások nem lehetnek DNS szintűek, hanem a környezet hatására alakultak ki, ún. epigenetikai tulajdonságok. *A több éve folyó termesztési kísérletek alapján megállapítható, hogy a biotechnológiai úton előállított, szomatikus embriógenézisen átesett, különböző éghajlatról származó egyedek morfológiai tulajdonságai eltérnek egymástól, amely tulajdonságaikat a több éven át tartó in vitro szaporítás során sem veszítették el (ANTAL et al., 2012).* Az epigenetikai öröklődés menet, a növény genetikai és molekuláris módszerekkel történő tanulmányozása a különböző szaporítóanyag előállítási technológiák és ökotípusok függvényében egy érdekes új kutatási terület, amely számos új eredménnyel kecsegtet.

4.1.4. Ötödik és hatodik évi biomassa hozamok és azok összehasonlítása a kínai náddal (2014-2016)

Az 4. táblázat adatai tartalmazzák az I.–II. olasz nád parcellák és kínai nád állományok ötödik és hatodik éves biomassa hozamait száraz tonnában, hektárra vetítve térállásonként.

4. táblázat: Az ötödik és hatodik éves olasz nád és kínai nád állományok hektárra átszámított biomassza hozamai térállásonként (Debrecen – 2014-2016)

| Térállás (méter) | 5. éves biomassza (szárast tonna/ha) | | | 6. éves biomassza (szárast tonna/ha) | | |
|---------------------|--------------------------------------|---------------------------|-----------------|--------------------------------------|---------------------------|----------------|
| | I. olasz nád (amerikai) | II. olasz nád (magyar) | kínai nád | I. olasz nád (amerikai) | II. olasz nád (magyar) | kínai nád |
| 1x1 | 12,39 | 16,56 | 24,64 | 12,05 | 13,96 | 12,06 |
| 1x0,75 | 16,61 | 21,89 | 29,66 | 16,98 | 18,23 | 9,29 |
| 1x0,5 | 6,49 | 14,57 | 14,59 | 7,47 | 15,86 | 8,36 |
| Átlag (szórás) | 11,83 (5,08) | 17,67 (3,78) | 22,96 (7,67) | 12,16 (4,76) | 16,01 (2,14) | 9,90 (1,92) |

Forrás: saját vizsgálat és szerkesztés

Az 4. táblázat alapján látható, hogy az ötödik termőévre (2014/2015) a fagykár miatt, a hektáronkénti tőszám csökkenésével az olasz nád állományok biomassza hozama szignifikánsan alul maradt a kínai nádhhoz képest. Az ötödik évben az I. olasz nád parcella hektárra átszámítva 12,39, II. olasz nád parcella 16,56, a kínai nád 24,64 száraz tonnát hozott, a hatodik évben sorrendben 12,05, 13,96, 12,06 száraz tonnára csökkentek a hozamok. A csökkenés oka lehet a kedvezőtlen időjárás, illetve a tápanyagutánpótlás hiánya. A 0,75x1 méter esetén a megnövekedett biomassza hozamot az okozza, hogy ezekben a parcellákban a fagykár mértéke nem érte el a 30%-ot (3. táblázat), így a hektáronkénti magas tőszám több biomasszát eredményezett. A 1x0,5 méteres térállásnál a hektáronkénti biomassza hozam nem haladta meg a ritkább térállások biomassza hozamait az ötödik évben, a II. olasz nád parcella kivételével, amely szintén a fagykár következtében kialakult magasabb hektáronkénti tőszámnak tulajdonítható. Fagykár nélkül viszont a melegebb éghajlatról származó ökotípus (I. olasz nád parcella) esetén akár 45%-al, a magyarországi ökotípus (II. olasz nád parcella) akár 25%-al nagyobb biomassza hozamot lehetett volna elérni. A mért kisparcellás kísérleti adatokra alapozva térállástól függően kínai nádat is meghaladó, átlagban 25 száraz tonna/ha biomassza is elérhető lett volna. A hatodik éves olasz nád és kínai nád állományok a DE Jövő Növényei Biomassza Bemutató Kertben 2015. októberi állapotban a 33. ábrán láthatóak.

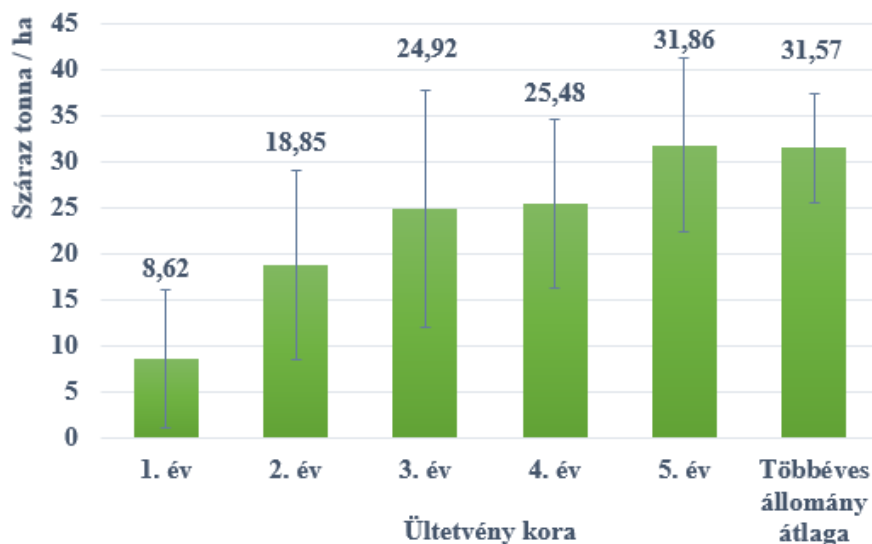


33. ábra: Hatodik éves olasz nád és kínai nád állományok (Debrecen – 2015. október)

Forrás: saját fotók és összeállítás. Megjegyzés: A) kínai nád állomány, B) olasz nád állomány, C) balra kínai nád, jobbra olasz nád állomány, D) elől kínai nád, hátul olasz nád állomány

4.1.5. Az olasz náddal elérhető biomassza hozamok értékelése és összehasonítása

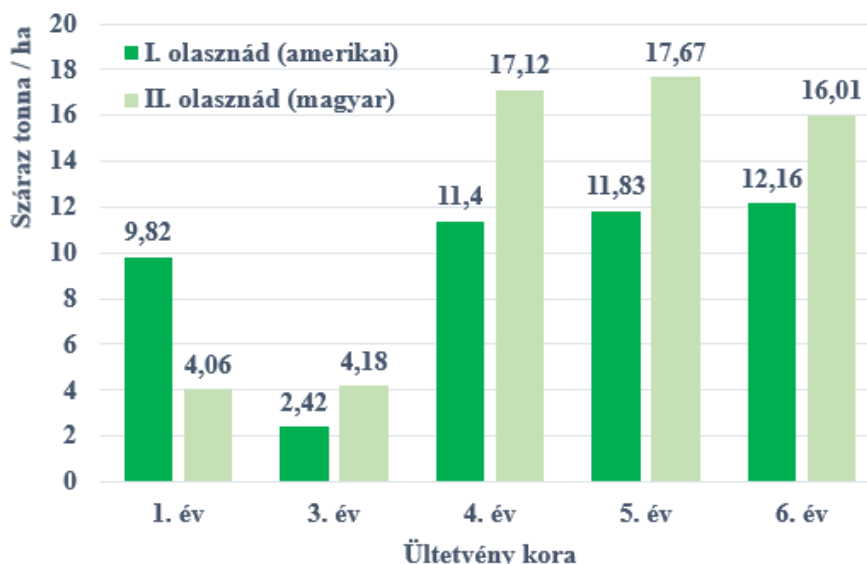
Az olasz nád különböző földrajzi adottságok és termesztési viszonyok mellett, hektáronként igen eltérő biomasszát képes előállítani. A legfontosabb termesztéssel foglalkozó külföldi publikációk eredményeit a szaporítóanyag típusa alapján 2. melléklet foglalja össze. A 34. ábra mutatja be – a 2. mellékletben felsorolt külföldi szakirodalmi források felhasználásával – az olasz nád ültetvények hektáronkénti átlagos biomassza tömegét száraz anyagban kifejezve, az ültetvények kora és a többéves ültetvények biomassza átlagai alapján. A növény évenkénti biomasszáját számos tényező befolyásolja (mikroklíma, talaj, agrotechnika, betakarítási idő stb.), ezért a források összesített értékei nagy szórást mutatnak és a külföldi, a hazánknál melegebb klímájú országok termesztési adatainak átlagát mutatja be. Ezek alapján megállapítható, hogy az olasz nád többéves átlagot tekintve évenként 23-39,4 száraz tonna/ha közötti biomassza hozamra is képes, amely jóval meghaladja a saját termesztési kísérletekben, Debrecenben mért adatokat.



34. ábra: Az olasz nád hektáronkénti száraz biomassza hozamai az ültetvény kora alapján a világban

Forrás: saját szerkesztés, a 2. mellékletben felsorolt szakirodalmi adatok átlagai alapján

Ellentétben a külföldi szakirodalmak nagy számával, a Debreceni Egyetem munkatársai, hallgatói és a tanszékekkel együttműködésben dolgozó kutatók által megjelent publikációkon kívül igen kevés magyar forrás foglalkozik az olasz nád tulajdonságainak és termesztési adatainak tanulmányozásával, sőt azok is nagyrészt külföldi források eredményeire hivatkoznak (FOGARASSY, 2001; GYULAI, 2011; CSETE, 2008a, b, c). A magyar szakirodalmak átlagosan 20 száraz tonna/ha hozamot becsültek Magyarországon, 650-800 mm éves csapadék mellett. FOGARASSY (2001) tanulmánya alapján az olasz nád éves biomassza hozama minimum 20-30 tonna/ha száraztömeg között mozog átlagos talajokon, nem öntözött termőhelyen. GYULAI (2011) és CSETE (2008a, b, c) szerint a növényvel átlagosan 20 száraz tonna biomassza hozamot lehet elérni hektáronként, de megfelelő öntözés és tápanyag utánpótlással akár 35 száraz tonnát meghaladó biomassza hozam is elérhető. A 35. ábra mutatja be a hazai körülmények között (Debrecenben), biotechnológiai módszerrel előállított, két különböző éghajlati területről származó olasz nád ökotípusok hektáronként elérhető biomassza hozamait a tél végi, februári betakarítások esetén a különböző térállások átlagában.



35. ábra: Az olasz nád állományok hektárra átszámított száraz biomassza hozamai Debrecenben tél végi betakarítással (2010-2016)

Forrás: saját vizsgálat és szerkesztés

Az elvégzett saját kísérletek alapján mészlepedékes, csernozjom talajon, öntözés és tápanyag utánpótlás nélkül a melegebb éghajlati területről származó olasz nád ökotípus 6 éves átlagban 16,37 száraz tonna/ha, a magyarországi éghajlatról származó ökotípus 18,05 száraz tonna/ha biomasszát képes előállítani évenként, tél végi betakarítással különböző térállások átlagában. Az időjárási viszonyok a hat éves átlagban az alábbiak szerint alakultak: 525 mm átlagos csapadékmennyiség, 11,3°C évi átlagos középhőmérséklet, 35,9 °C átlagos maximális hőmérséklet, -14,5°C átlagos minimális hőmérséklet és évi 2 307 átlagos napsütéses óra (3. melléklet). Az olasz nád állomány talajának főbb paramétereit a 2010/2011-es és a 2014/2015-ös talajmintavételi időpontokra alapozva 8. melléklet tartalmazza. Az ültetvény első évében végzett talajvizsgálati eredményekből kiindulva a negyedik évre az olasz nád állományok talajának pH-ja 7,04-re (7,93-ról), a szerves anyag tartalma 2,61%-ra (3,14-ről) csökkent. A talaj nitrogén- és foszfor-tartalma többszörösére nőtt a négy éves termesztés során. A talaj összes nitrogéntartalma több mint 20-szorosára, 0,64 mg/kg-ról 13,29 mg/kg-ra nőtt. Az olasz nád talajának foszfortartalma több mint háromszorosára, 24,76 mg/100g-ról, 91 mg/100g-ra, káliumtartalma 465 mg/kg-ról, 495 mg/kg-ra nőtt. Mindezek bizonyítják a növény talajjavító képességét, elsősorban a három legfontosabb tápanyag (nitrogén, foszfor, kálium) tekintetében. A 35. ábrán látható hozamértékek minden évben a tél végi (február, március) betakarítási időpontokban mért hektáronkénti száraz biomasszára vonatkoznak. A második évben a magas biomassza hozamot (49-50 száraz tonna/ha, lásd korábban 29. ábra) az eredményezte, hogy az állomány betakarítása zölden, a tenyészidőszak végén 2011 októberben történt, vagyis mielőtt

a tápanyagokat a növény visszajutatta volna a földben lévő rizómáiba. A 35. ábrán a második éves biomassza adatokat azért nem tüntettem fel, mert az eltérő betakarítási időpontok miatt a hozamok nem összehasonlíthatóak a többi év adataival, illetve a második évben még gyakorlati tapasztalat hiányában nem tudtuk megállapítani hazai viszonyokra az optimális betakarítási időpontot. A betakarított biomassza nedvességtartalma az évek során 40-45% között változott. A növényt számos éghajlati övön lehet termesztetni, amelyet az elvégzett kísérletek és szakirodalmi adatok (2. melléklet) is alátámasztják, de a hideg korlátozó tényező a termesztésben (KRICK, 1946; FOGARASSY, 2001; ANTAL et al., 2012; ANTAL et al., 2014c; POMPEIANO, 2015). Ezt alátámasztják bemutatott kísérleteim is, ugyanis a 2012. évi téli mélynyugalmi fagy drasztikusan csökkentette az olasz nád állományok harmadik éves hozamát, az állomány tözsámának csökkenése és a tövek kipusztulása hatással volt a későbbi hozamokra is (35. ábra).

A Debrecenben előállítható hektárra átszámított biomassza hozamokat összehasonlítva a melegebb éghajlati területeken a szintén mikroszaporításból származó olasz nád állományok átlagos hozamadataival (2. melléklet) megállapítható, hogy átlagosan az első 3-4 évben olasznáddal 22,21 száraz tonna/ha termést tudtak elérni, amely 4-6 száraz tonnával haladja meg a Magyarországon mért hozamokat. CAVALLARO et al. (2014) kísérleti alapján mikroszaporításból származó olasz nád növényekkel első évben őszi telepítéssel 12,1 száraz tonna/ha, tavaszi telepítéssel 20 száraz tonna/ha tudtak előállítani északolaszországi termesztési viszonyok között.

XUMENG et al. (2016) összehasonlító munkájukban kifejtik, hogy az olasz nád előnyös tulajdonságai ellenére hiányzik a kínai nádhoz hasonló szaporítási-, termesztési- és betakarítási rendszer gyakorlati alkalmazása. Ezek a technológiák azonban közvetlenül nem adaptálhatóak az olasznádra.

Az elvégzett termesztési kísérleteim alapján összességében elmondható, hogy az olasz nád biomassza hozama az első két évben többszörösen meghaladta a kínai nád terméshozamát, a későbbi években a fagykár következtében csak a hatodik évre tudta újra a kínai nádat meghaladni. Ha a fagykár nem következett volna be, a megmaradt tövek biomasszája alapján olasz nád minden évben elérte és meghaladta volna a kínai nád termésadatait. Ebből kifolyólag az olasz nád hazai és hozzánk hasonló klímájú területeken nem szabad megfeledkeznünk arról, hogy a jövőben az éghajlati viszonyoknak megfelelő fajtát/ökotípust válasszunk és termesszünk. Ezért fontosnak tartom az olasz nád esetében olyan kutatások folytatását, amely éghajlatnak és területnek specifikus ökotípusok előállítását és felhasználását is figyelembe veszi (lásd 4.2. fejezet).

Magyarország Alaptörvénye kimondja az ország GMO-mentességét, ezért nincs lehetőség a télnek jobban ellenálló, hidegtűrő transzgénikus olasz nád fajta előállítására sem. A transzgénikus megközelítés hiányában két módszertani lehetőség áll előttünk. Az egyik elképzelés szerint az ún. hideg-toleráns olasz nád fajtákat *in vitro* (steril tenyészetekben történő) mutáns-szelektálással lehetne előállítani. A másik lehetőség abból indul ki, hogy az olasz nád egyes – vélhetően spontán szelektálódott, térségünkben ezért télállóbbnak tekinthető – telepített vagy természetes állományok szára, rendkívül ritkán külső védelem nélkül is képes áttelelni, és a következő évben oldalhajtást fejleszteni (ANTAL – FÁRI, 2013). Mindkét megközelítés által nyújtott lehetőség kiaknázására elsőként az olasz nád morfogén merisztémáiból (osztódó szövetekből) steril körülmények között növekedni képes szövettenyészeteket kell indítani, majd azok steril (*in vitro*) fenntartását is szükséges megoldani. A steril szövettenyészetek létrehozása és/vagy mutánsok indukálása, továbbá a célzott mesterséges és/vagy természetes fagykezelések irányított szelekciója után a téli fagynak jobban ellenálló olasz nád vonalak hajtásait a későbbiekben biotechnológiai valamely módszerével, akár mikro- és makroszaporítással nagy volumenben lehetne előállítani (ANTAL et al., 2014c, 4.2. fejezet).

4.2. A téli fagynak ellenállóbb új hazai olasz nád ökotípusok makro- és mikroszaporítási módszerek kutatásainak eredményei

ANTAL et al. (2014c) alapján olyan olasz nád mikroszaporítási módszer került kidolgozásra, amely segítségével sikerült Magyarországhoz hasonló, erős téli fagyokkal jellemezhető mérsékelt égvön az olasz nád téli fagynak kitett és áttelelt hajtásaiból *in vitro* tenyészeteket létrehozni, amely morfológiai leírása alapján 'Longicaulis' típusba sorolható. 2013-2014. évben végzett kísérletek alapján megállapítható, hogy a szaporító tálcákban, fóliasátorban nevelt, 'Longicaulis' ökotípusba tartozó, *in vitro* szaporított olasz nád palánták szárának zölddugványozása a nyári időpontban, az *in vitro* tenyészetindítás pedig az őszi, októberi időpontban a leghatékonyabb. A tenyészetek indításához a talajtól távolabb eső vékonyabb oldalhajtások az optimálisak.

A kísérletek során megállapítottam, hogy az *in vitro* szárdugványozással a vizsgált egy anyatöbblől, második éves, áttelelt alvó és oldalrügyeiből potenciálisan 6 500-8 700 db hajtás nyerhető, melyek további zölddugványozásával összesen 25 000-35 000 db palánta/tő állítható elő. A kidolgozott kombinált – *in vitro* és *ex vitro* – szaporítással összességében 1 db *in vitro* hajtásból – 11-12 hónapos nevelés alatt – 400-450 db palánta állítható elő.

Az olasz nád *in vitro* mikroszaporítását eddig a hajtáscsomók töosztásával, nagy dóziséjú növekedésszabályozók felhasználásával érték el. Ezzel a technológiával a szaporítási

hatékonyságot 0,2% nátrium-klorid előkezeléssel, a lerövidített ízközű, ezáltal 1 tenyésztő-edényben, 1 hajtáson minél több rügy előállításával, majd ezen hajtások felszaporításával (mikrodugványozás) lehet elérni. Az *in vitro* szaporítóanyag előállítás másik lehetősége az embriogenezis útján történő *in vitro* szaporítás. Az embriogén/organogén olasz nád kalluszok hosszú ideig tenyészthetőek, amellyel a palánták egész évben előállíthatók. Az embriogén/organogén kallusz kiváló alapanyag a mutációs nemesítéshez, amely a genetikai transzformációs módszer hiányában az olasz nád nemesítés egyik új, perspektivikus módszere lehet Magyarországon és a nemzetközi közösség számára. Az *in vitro* tenyésztés, a folyamatos és hosszú idejű mikroszaporítás ugyanakkor a genetikai potenciál csökkenéséhez is vezethet, a szomatikus variabilitás kockázatában is szerepet játszhat (ANTAL et al., 2014c). Az elvégzett két éves kutatási kísérlet eredményeképpen megállapítható, hogy a 'Longicaulis' ökotípusba tartozó, a mérsékelt égövi téli fagyoknak jobban ellenálló olasz nád genetikai anyag biotechnológiai kutatása, az új módszerek gyakorlati alkalmazás szintjére történő fejlesztése – 70 évvel Martin Krickl első közlése (KRICKL, 1946) után – folytatódott a Debreceni Egyetemen.

Szabadföldi kiültetés

ANTAL et al. (2014c) módszereivel előállított, különböző területről származó ökotípusokat és változatokat a DE Jövő Növényei Biomassza Bemutató Kertbe kerültek folyamatosan, évről évre kiültetésre a 20. ábrán látható az „*Arundo donax* ökotípusok” parcellába (36. ábra).



36. ábra: Különböző olasz nád ökotípusok (Debrecen – 2013-2014)

Forrás: saját fotók és összeállítás. Megjegyzés: A) első éves olasz nád állomány (2013), B) második éves állomány különböző gyomirtási technológiák alkalmazásával, 2014 tavasszal.

A meglévő ökotípusokon kívül, a zöld alapfajtól teljesen eltérő morfológiai tulajdonságokkal rendelkező, albínó és színes (fehér, sárga és zöld különböző árnyalatai), illetve csíkos levelű olasz nád növényeket is sikerült kisselektálni a szaporítás során. A különböző morfológiai tulajdonságokkal rendelkező olasz nád növények elsősorban új díszkertészeti fajta előállítás

szempontjából lehet jelentősége (37. ábra). A növény biológiai kutatásaihoz (elsősorban fotoszintézis, genetikai és molekuláris vizsgálatokhoz) pedig kitűnő alapanyagként szolgálhatnak (ANTAL et al., 2013). Az eddig vizsgált ökotípusok (vonalak) között hozam tekintetében túl nagy különbségeket nem tapasztaltunk. Bizonyos szélsőséges termőhelyi feltételekhez speciális vonalak előállítása, szomaklonális szelekcióval történő előállításuk a Debreceni Egyetemen még folyamatban van, úgy, mint a sótűrő (NaCl), a szermaradvány-lebontó, alacsony vagy magas pH-hoz, különböző nehézfémekkel szemben alkalmazkodó vonalak. Ezeknek a szelekciója és az új vonalak tesztelése az előállított ökotípusok szaporításával lehetséges.



37. ábra: Harmadik éves színes levelű olasz nád változatok (Debrecen – 2015 július)

Forrás: saját fotók és összeállítás

4.3. Az olasz nád szaporítóanyag előállításának, termesztésének és feldolgozásának ökonómiai értékelése

4.3.1. Az olasz nád új biotechnológiai módszerrel történő szaporításának hatékonysága és költség-jövedelem viszonyai

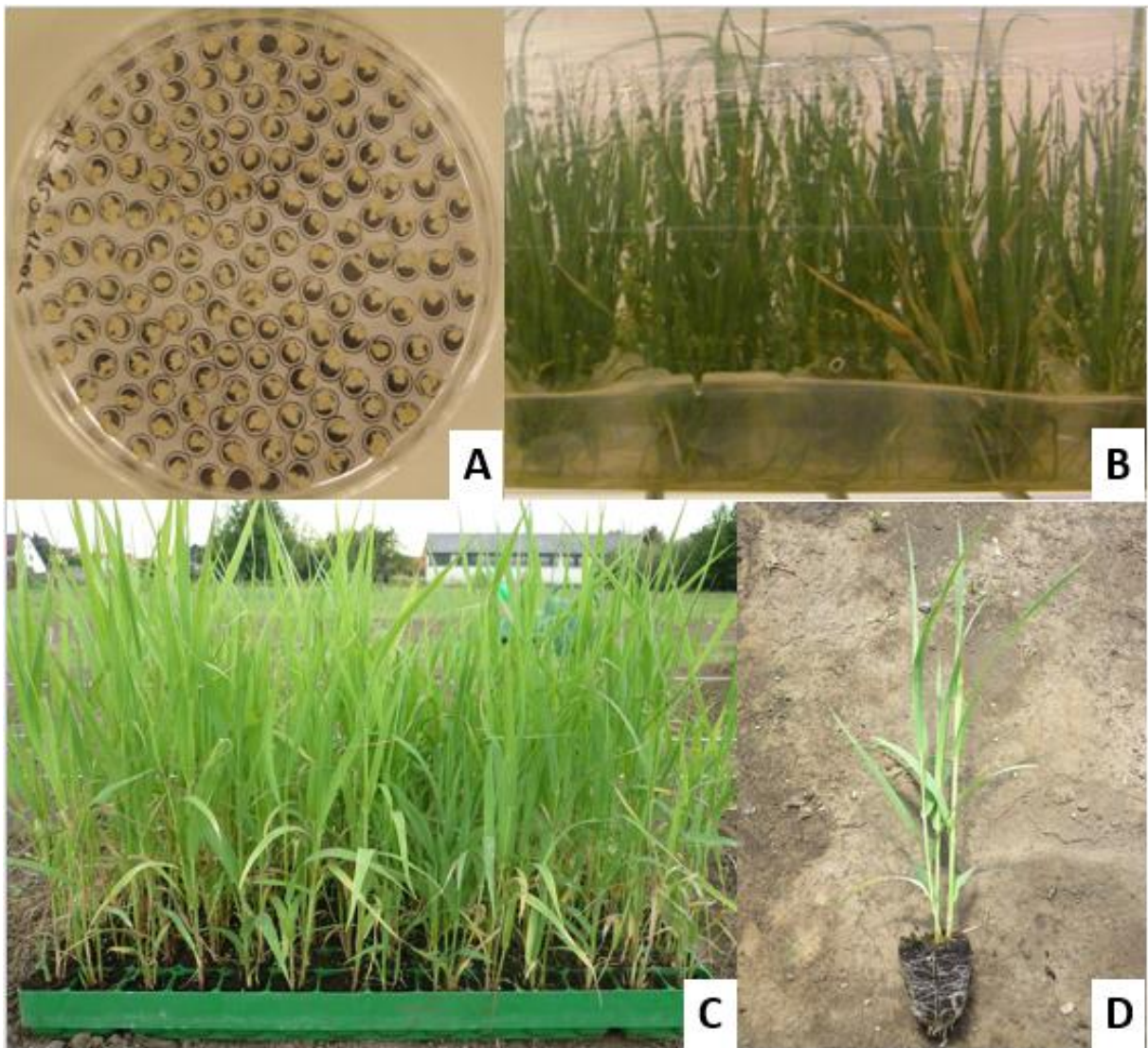
Az olasz nád ültetvény létesítéséhez szükséges szaporítóanyag legelterjedtebb formája a rizóma, de számos irodalom beszámol a különböző *in vitro* úton történő szaporítási lehetőségekről (lásd 2.2.6. fejezet, 2. melléklet). A továbbiakban a több éves kutató munkám során végzett, egyik leghatékonyabbnak vélt olasz nád szaporítási technológia teljesítménymutatóinak és gazdaságosságának kérdéseivel foglalkozom, azok költség-jövedelem viszonyait ismertetem egy magyarországi szaporítóanyag előállítással foglalkozó vállalat példáján keresztül.

A MOP Biotech Kft. (Nyíregyháza) által kidolgozott és kutatásaimban vizsgált olasz nád szomatikus palánták szaporítóanyag előállítási technológia *két fő szakaszra* bontható. A részletes technológiai leírásra nem kívánok kitérni, de a különböző kifejezések és az eredmények könnyebb értelmezése érdekében néhol szükségesnek tartok néhány részletet bemutatni.

A vizsgált, olasz nád szaporítóanyag előállítás 1. szakasza laboratóriumi (*in vitro* körülmények között), a 2. szakasza palántanevelőben (fóliasátorban) történik. A szaporítás során különböző fejlődési stádiumokat és értékesítési lehetőségeket különböztettem meg, az alábbiak szerint.

A kiindulási alapanyagként az embriógén eredetű ún. mikro-klaszterek szolgálnak, amelyek a 38A. ábrán találhatóak a Petri-csészében. A 38B. ábrán a laboratóriumi szakasz végén, az akklimatizálásra alkalmas, csomókba fejlődő olasz nád növények, a 38C, D. ábrán második szakaszban előállított, szabadföldi kiültetésre alkalmas, szaporító tálcákban nevelt tápközeges szálas olasz nád palánták láthatóak.

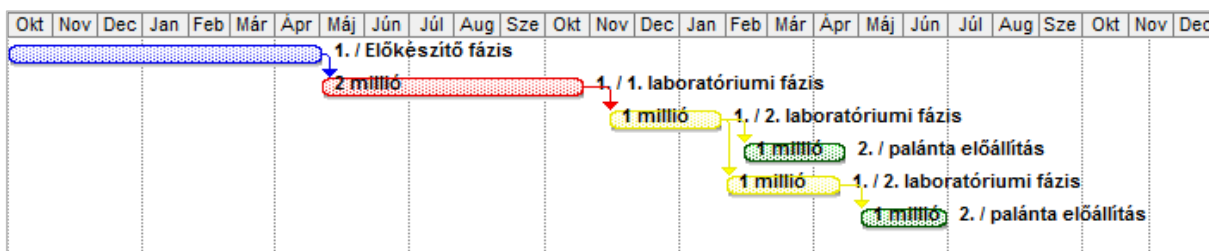
Fontos megjegyezni, hogy az 1. szakasz végén (laboratóriumi fázis) előállított csomókban fejlődő növények (38B. ábra) közvetlenül nem ültethetőek ki a szabadföldre. A laboratóriumi nevelés a sterilitás biztosítása érdekében zárt tenyésztőedényekben, 100%-os páratartalom mellett történik, ezért nincs szükségük a növényeknek a gázcserenyílásaik működtetésére, nem alakul ki a megfelelő kutikula, sem viaszréteg a leveleken. A fejlődésükhöz szükséges tápanyagokat megkapják a táptalajból, ezért fotoszintézis rendszerük nem működik hatékonyan. A palántákat így hozzá kell szoktatni a külső körülményekhez, azaz akklimatizálni kell őket. Ezért van szükség a szabadföldi kiültetést megelőző 2. szakaszra, amely fázis végén állíthatóak elő a szabadföldi kiültetésre alkalmas palánták.



38. ábra: A vizsgált olasz nád szomatikus palántanevelési technológia folyamata, az előállított növények a főbb fejlődési fázisokban (MOP Biotech Kft.)

Forrás: saját fotók és összeállítás, 2014. Megjegyzés: A) 1. szakasz: kiindulási alapanyagként szolgáló, 150 db embriógén eredetű mikro-klaszterek (kb. 2 mm átmérővel) Petri-csészében. (B) 1. szakasz: laboratóriumi nevelés végén előállított akklimatizálásra alkalmas csomókban fejlődő olasz nád növények (8-10 cm hajtásokkal). C, D) 2 szakasz: szabadföldi kiültetésre alkalmas szaporító tálcákban előállított tápközeges szálaspalánták (25-30 cm hajtáshossz).

A 39. ábrán látható a vizsgált olasz nád szomatikus palánta előállítási technológia időbeli ütemezése az optimális akklimatizálási- és palántanevelési idők, Magyarország éghajlati és klímaviszonyait figyelme véve. Az vizsgált technológia alkalmazásával évente 2 millió növény is előállítható évi két termelési ciklus alatt, mivel a laboratóriumi szakaszban a hely-, idő- és előmunkaerő kapacitások maximálisan ciklusonként 1 millió növény előállítását teszik lehetővé.



39. ábra: Évi 2 millió olasz nád szomatikus palántanevelési technológiája Magyarországon

Forrás: saját szerkesztés, 2014. Megjegyzés: a kék, a piros és a sárga színnel jelölt sávok az 1. laboratóriumi szakasz főbb fázisait, a zöld színnel jelölt sávok a fóliasátorban történő 2. palántanevelési szakaszt jelentik. A sáv szélessége a nevelési időt mutatja a hónapok változásával.

1. szakasz: Laboratóriumi fázis

A kiindulási alapanyagot a technológia során a Petri-csészékben nevelt mikro-klaszterek jelentik (38A. ábra), amelyből a szaporítóanyag előállítás 1. szakaszában (*in vitro*) 8,5 hónapos (34-35 hét) nevelési ciklus alatt ebből megközelítőleg 750 000 db akklimatizálásra alkalmas, csomókban fejlődő növény állítható elő (38B. ábra). A maximális hely, munkaidő és eszközök kapacitásának figyelembe vételével, a cég rendelkezésére álló 11 db növénynevelő állványán akár 1 millió, évente 2 ciklusban akár 2 millió csomókban fejlődő akklimatizálásra alkalmas növény állítható elő a vizsgált technológiával. Ez azt jelenti, hogy 1 db szomatikus embriogenezis útján előállított embriogén eredetű mikro-klaszterekből egy év alatt 5 000 db csomókban fejlődő hajtást lehet előállítani. A kiindulási alapanyagra vetített, egy év alatt előállítható növény mennyiség többszöröse a szakirodalomban fellelhető technológiákhoz képest (2.2.6. fejezetben felsorolt publikációk összehasonlítása alapján). A gazdasági elemzésekhez szükséges legfontosabb teljesítménymutatókat, ráfordításokat és a szaporítóanyag előállítás első, laboratóriumi szakaszának főbb fázisait az 5. táblázat mutatja be az egységnyi kiindulási alapanyag (1 db Petri-csésze) esetén.

A laboratóriumi szakaszhoz, azaz akár 2 millió növény előállításához, egy 100 m² alapterületű laboratóriumi üzem elégséges. Egy termelési ciklusban előállítható 1 millió növény felneveléséhez 10 db nevelőállvány szükséges, 1 m² alapterületű tenyésztő polcokkal, 5 szinten. A növényeket zárt tenyésztő edényekben, felső megvilágítással nevelik, így négyzetméterenként megközelítőleg 95 000 db növény állítható elő a vizsgált technológiával. A növények nevelésére szolgáló tenyésztőedények, táptalajok, eszközök sterilizálása autoklávban, a steril munka pedig vízszintes légáramú lamináris fülkékben történik, amelyek a technológia során a legfontosabb és a legnagyobb értékű eszközök (7. melléklet). A laboratóriumi nevelés további három fő fázisra bontható, ezekhez szükséges nevelési idő,

táptalaj-, tenyésztőedény- és növénynevelő állványok szükségletét, továbbá a tényleges előmunkaerő-szükséglet összesített adatait az 5. táblázat mutatja be.

5. táblázat: 750 000 db akklimatizálásra alkalmas csomókban fejlődő olasz nád növények előállításához szükséges legfontosabb teljesítmény-mutatók az 1. laboratóriumi szakaszban

| Nevelési fázis | Nevelési idő (nap) | Tenyésztő edények száma (db) és típusa (abcd) | Táptalaj-szükséglet (liter) | Tényleges munkaerő szükséglet | | Szükséges növénynevelő helyek | |
|-------------------------|--------------------|---|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------|-------------------------------|----------------------|
| | | | | óra/fő | 2 fő / 7 óra / munka nap | polcok száma (db) | állványok száma (db) |
| Előkészítő fázis | 150 | 6 ^(a) | 1 | - | | 1 | 1 |
| I. fázis | 154 | 1 ^(a) 12 ^(b) 96 ^(c) 576 ^(d) | 30 | 49 | 3,49 | 6 | 2 |
| II. fázis | 63 | 2304 ^(c) 2880 ^(d) | 636 | 634 | 45,26 | 38 | 8 |
| ÖSSZESEN | 150 + 217 | 7 ^(a) 12 ^(b) 2 400 ^(c) 2 880 ^(d) | 667 | 683 | 50 | 38 | 8 |

Forrás: saját adatgyűjtés és összeállítás, 2014. Megjegyzés: Előkészítő fázis: kiindulási alapanyag előállítása (38A. ábra). I. fázis: embriógén állapot. II. fázis: csiranövény állapot, akklimatizálásra alkalmas csomós növények (38B. ábra). Jelmagyarázat: a) 10 cm átmérőjű Petri-csésze; b) 500 ml-es polipropilén tartály; c) 1000 ml-es polipropilén doboz; d) 500 ml-es polivinil-klorid doboz.

1 db Petri-csészből, 750 ezer növény előállításához szükséges előmunka 683 tényleges munkaórát tesz ki a teljes nevelési folyamatban, amely csak a steril fülkében végzett növény manipulálási időt jelenti, nem tartalmazza a steril munkát megelőző tevékenységeket, a táptalajkészítést, a tenyésztőedények, az eszközök csomagolási idejét, a sterilizálási és egyéb előkészületi műveleteket.

Az előkészítési szakaszban (kiindulási alapanyag előállítása) elegendő 1 fő, aki megfelelő szakértelemmel rendelkezik, hogy a termeléshez szükséges alapanyagot előállítsa. A tenyésztés első szakaszához 49, a második szakaszához, a csomós növény neveléshez 634 munkaóra szükséges. Ezek alapján 2 fővel, napi 7 órás tényleges munkavégzéssel 48 munkanap alatt állítható elő az akklimatizálásra alkalmas 750 ezer palánta, a kiegészítő és előkészítő munka

elvégzéséhez pedig egy kisegítő személyre van szükség. A második szakaszban a közel tizenháromszorosra növekedő élőmunka igény és az egyöntetű, azonos méretű szaporítóanyag előállításához elengedhetetlen egy második műszak bevezetése a termelésben (+ 2 fő) vagy további 2 db lamináris fülke beszerzése, amellyel 23 munkanapra csökkentő a növények manipulációjával eltöltött idő.

Folyamatos termelés esetén összességében 6 ember évi 2 milliós kibocsátásra képes. Ez személyenként mintegy 340 000 db akklimatizálásra alkalmas csomós palántát jelent évente, amely jóval meghaladja egy hagyományos mikroszaporító laboratórium éves munkaerőre vetített kapacitását (100-150 000 db növény/év/fő). DAN et al. (2013, 2014) olasz nád kalluszköböl történő regenerációs módszere alapján publikált 35-40 000 db éves személyenkénti növénykibocsátáshoz képest akár tízszeres hatékonyságot is jelenthet.

Az alkalmazott technológiával, az akklimatizálást megelőző utolsó fázisban egy fő 13 650-15 000 db csomós növényt tud naponta végleges táptalajra helyezni. TÓTH (2005) adataihoz képest a szikével (800-1 100 db/nap) vagy az ollóval (1 500-2 000 db/nap) történő átlagos utolsó passzállási időhöz képest ez átlagosan tízszeres (6,8-18,75 közötti) hatékonyságot jelent. Ez elsősorban abból adódik, hogy a szomatikus embriókról származó csomós növényeket csipesszel könnyebben és gyorsabban szét lehet szedni, amellyel lecsökkenthető a növények manipulálásával töltött idő. A technológia egyik előnye, hogy a hajtáscsomókat nem kell szikével vagy ollóval darabolni a hagyományos, *in vitro* szárdugványozással ellentétben. A szaporításhoz az egyes nevelési fázisokban különböző minőségű és térfogatú, kereskedelmi forgalomban kapható összesen 3 100 db polipropilén és 576 db polivinil-klorid anyagú tenyésztőedényre van szükség. A fejlődésükhöz szükséges 667 liter táptalaj sterilizálása 1 literes táptalajfőző folyadéküvegben kivitelezhető.

A 38. ábrán képekkel illusztrált olasz nád, új biotechnológiai módszerrel történő szomatikus palánta előállítási technológia termelési költségeinek alakulása az évenként előállítható növények mennyisége (db/év) alapján a 6. táblázat mutatja be. A szaporítóanyag előállításához szükséges eszközöket a 7. melléklet mutatja be.

Az egységnyi Petri-csészéből kiinduló, a beruházás évében előállítható, évi 750 000 növény előállítási folyamatát a továbbiakban (A), a maximális hely és eszközkapacitás függvényében évi 2 millió növénykibocsátásának a folyamatát (B) jelzésű technológiaként jelölöm.

6. táblázat: Laboratóriumi szakaszban előállított, akklimatizálásra alkalmas csomókban fejlődő olasz nád növények termelési költségei az előállított növények mennyisége alapján (2013/2014-es beszerzési árakon, nettó Ft)

| | A termelési típus (évi 750 ezer növény) | | B termelési típus (évi 2 millió növény) | |
|--|--|-------------------------------------|--|-------------------------------------|
| Anyag jellegű költségek összesen* | 5 013 956 | 10 823 830 | 6 015 191 | 11 825 065 |
| <i>ebből:</i> nagy értékű eszközök közvetlen steril munkához | 1 972 983** (kínai beszerzés) | 8 064 711 (európai beszerzés) | 1 972 983 (kínai beszerzés) | 8 064 711 (európai beszerzés) |
| tenyésztőedények | 350 637 | | 771 423 | |
| táptalaj-komponensek | 514 145 | | 985 894 | |
| laboratóriumi eszközök és műszerek | 1 894 337 | | 2 003 037 | |
| Amortizációs költség | 281 854 | 1 297 143 | 281 854 | 1 297 143 |
| Személyi jellegű költségek összesen | 9 097 800 | | 16 962 000 | |
| Egyéb közvetlen termelési költségek | 2 100 000 | | 2 220 000 | |
| Közvetlen termelési költség összesen | 16 211 756 | 23 318 773 | 25 197 191 | 32 304 208 |
| Általános költség | 150 000 | | 330 000 | |
| Összes termelési költség | 16 361 756 | 23 468 773 | 25 527 191 | 32 634 208 |

*Forrás: saját adatgyűjtés és összeállítás, 2013-2014, Megjegyzés: *Szállítási költséget is tartalmazza, **ÁFA (419 453 Ft) + VÁM (a termék beszerzési árának 2,8%-a) értékét is tartalmazza.*

A 6. táblázat adatai alapján látható, hogy a 750 ezer db, akklimatizálásra alkalmas növény előállításához (1. szakasz/A termelés) szükséges közvetlen termelési költség 16 361 756 és 23 468 773 Ft-ot tett ki a nagyértékű eszközök beszerzési helyétől függően.

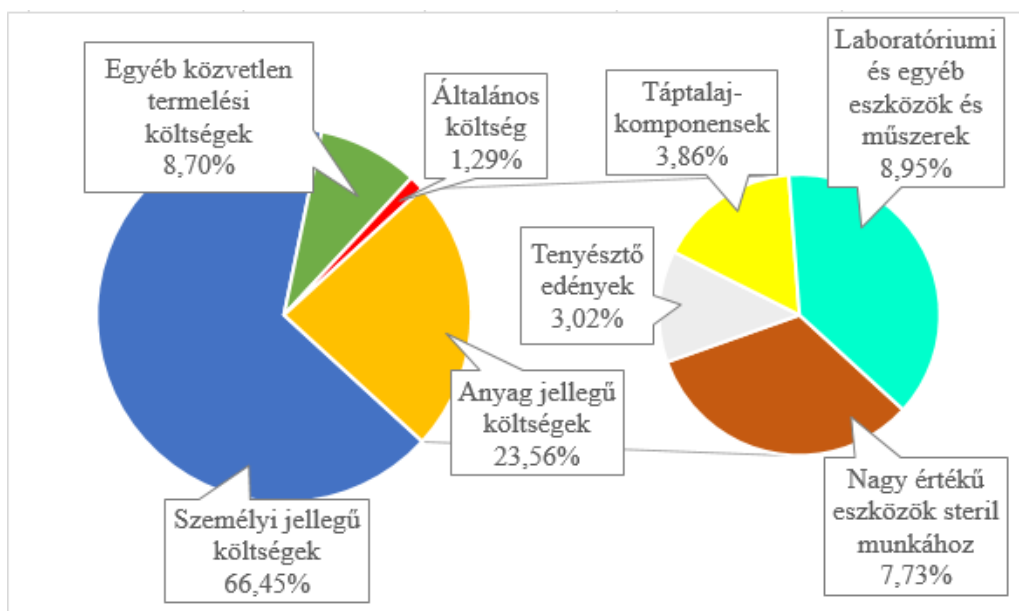
Az *anyag jellegű költségek* a beszerzés helye nagyban befolyásolja a termelési költségeket, azon belül is közvetlenül a steril munkához szükséges alapvető eszközök (lamináris fülke, autokláv, gyöngysteriliző stb.) ára a meghatározó, mivel a termelés során ezek teszik ki legnagyobb értékű eszközöket és több éven át szolgálják a termelést (7. melléklet). Ezen eszközök beszerzése Európában 4,6-szor többbe kerül, mint Kínából vásárolt eszközök a szállítási költségek, a kötelezően kifizetett ÁFA és a 2,8%-os VÁM ellenére is. A Kínából történő beszerzéssel az anyag jellegű költségek 5 013 956 Ft-ot, az összes termelési költség 30,93%-át teszik ki. A *személyi jellegű költségek* 56,12%-ot képviselnek az összes közvetlen termelési költségből (9 097 800 Ft járulékokkal terhelt bér adókedvezmény nélkül). Az

előkészítési fázisban (kiindulási alapanyag előállítás) és a teljes laboratóriumi nevelési fázisban szükséges 1 fő, aki megfelelő szakértelemmel rendelkezik, hogy a termeléshez szükséges szaporítóanyagot előállítsa, aki a termelést irányítani tudja. Ezt követően további 2 fő állandó dolgozóra (9 hónap) és 2 időszakos dolgozóra (2 hónap) van szükség 750 ezer növény felneveléséhez.

Az egyéb közvetlen költségből (12,95%) a laboratóriumi helyiség bérleti díja 6,25%-ot (1 020 000 Ft), az energia- és rezsiköltségek 4,78%-ot (780 000 Ft) és egyéb termeléshez szükséges költségek 1,84%-ot (300 000 Ft) tesznek ki. Az évi 150 000 Ft-os általános költséggel együtt az összes termelési költség 16 361 756 Ft-ot tesz ki az alkalmazott technológiával 750 ezer db akklimatizálásra alkalmas növény előállítására.

A nagy értékű eszközök Európából történő beszerzése a közvetlen termelési költséget közel 30%-kal (7 107 017 Ft-al) növeli meg. Az anyag jellegű eszközök részesedése 56,12%-ra (12 120 973 Ft) nő, a személyi jellegű költségek 39,01%-ra és az egyéb közvetlen termelési költsége 9,01%-ra változik (6. táblázat).

A 750 ezres termelési ciklusonkénti növény előállításához viszonyítva évi 2 millió csomós növény előállításában az összes termelési költség 25 527 191 Ft (kínai beszerzés esetén). Az anyag jellegű költségek 23,56%-ot, a személyi jellegű költségek 66,45%-ot, az egyéb közvetlen termelési költségek 8,70%-ot és az általános költségek 1,29%-ot jelentenek (40. ábra).



40. ábra: Évi 2 millió olasz nád szomatikus palánta előállítás technológia laboratóriumi szakaszának termelési költségei a főbb költségnemek alapján

Forrás: saját adatgyűjtés és szerkesztés, 2013-2014. Megjegyzés: a nagyobb értékű eszközök kínai beszerzése esetén.

A közvetlen termelési költség 2 milliós növénykibocsátás esetén a steril munkához szükséges közvetlen eszközök Kínából történő beszerzésével 10 019 229 Ft-tal (160,81%) Európai beszerzésével 16 366 246 Ft-tal (194,84%) emelkedik. A növénykibocsátás számának növelése leginkább a tenyésztőedények számát, a növények felneveléséhez szükséges táptalaj mennyiségét növeli, amely egy termelési ciklusban felhasználódnak. 2 millió növény előállításához 16 436 db (2,17-szer több) tenyésztőedényre és 1 697 liter (2,54-szer több) táptalajra van szükség, ami 420 786 Ft-tal (220,01%), illetve 471 749 Ft-tal (191,75%) növeli meg a közvetlen költségeket. 2 millió növény előállításához további 3 fő, laborvezetővel együtt pedig 6 fő teljes idejű (8 órás) foglalkoztatására van szükség egész évben. A személy jellegű kiadások így évi 7 864 200 Ft-tal (186,44%) növekednek 2 millió csomós palánta előállításával. Az egyéb közvetlen termelési költségek nem emelkednek számottevően (107,76%).

Évi 2 milliós termelés összes termelési költsége a drága eszközök beszerzési helyétől függően 25 527 191 Ft (kínai beszerzés) és 32 634 208 Ft (európai beszerzés) között van (7. táblázat).

Az vizsgált olasz nád szomatikus palánta szaporítóanyag előállítási technológia termelési értékének és jövedelmezőségének alakulását a 7. táblázat adatai tartalmazzák.

7. táblázat: Az olasz nád szaporítóanyag előállítás laboratóriumi szakaszának termelési értékének és jövedelem viszonyainak alakulása (2013-2014)

| Megnevezés | 1. szakasz/ A termelési típus | | 1. szakasz/ B termelési típus | |
|--|----------------------------------|----------------------|----------------------------------|----------------------|
| | Kínai beszerzés | Európai beszerzés | Kínai beszerzés | Európai beszerzés |
| Előállított növények száma (db) | 750 000 | | 2 000 000 | |
| Értékesítési ár (Ft/db) | 31,47 | | | |
| Termelési érték (Ft) | 23 602 500 | | 62 940 000 | |
| Közvetlen termelési költség (Ft) | 16 211 756 | 23 318 773 | 25 197 191 | 32 304 208 |
| Fedezeti összeg (Ft) | 7 390 744 | 283 727 | 37 742 809 | 30 635 792 |
| Általános költség (Ft) | 150 000 | | 330 000 | |
| Összes termelési költség (Ft) | 16 361 756 | 23 468 773 | 25 527 191 | 32 634 208 |
| Nettó jövedelem (Ft) | 7 240 744 | 133 727 | 37 412 809 | 30 305 792 |
| Költségarányos jövedelmezőség (%) | 44,25% | 0,57% | 146,56% | 92,87% |
| Közvetlen önköltség (Ft/db) | 21,62 | 31,09 | 12,60 | 16,15 |

Forrás: saját adatgyűjtés és összeállítás, 2014

A vizsgált vállalat elsősorban külföldi piacon (Olaszország, Spanyolország, Kína stb.) értékesítette mind az akklimatizálásra alkalmas csomós növényeket, mind a szabadföldi kiültetésre alkalmas palántákat. Számos esetben kutatási célból térítésmentesen szolgáltatott palántákat, szabadföldi kiültetés céljából létesített több hektáros saját ültetvényeket. A vizsgált időszakban a cég az akklimatizálásra alkalmas palántát 31,47 Ft-os nettó áron tudta értékesíteni, így a 750 ezer db növény előállításával 23 468 773 Ft-os termelési értéket állított elő.

Az összes termelési költség a nagyértékű eszközök bekerülési értékétől függően változott, a nettó jövedelem 7 240 744 Ft-ot tett ki a kínai beszerzés esetén. Ezek alapján a palánta közvetlen önköltségi ára 21,62 Ft/db volt. A vizsgált vállalat technológiájával a laboratóriumi szakaszban 44,25%-os költségarányos jövedelmezőségi rátát lehet elérni. Évi 2 millió olasz nád szaporítóanyag előállításával a termelés első szakaszát követően 37 412 809 és 30 305 792 Ft nettó jövedelem érhető el 31,47 Ft-os értékesítési ár esetén (nagy értékű eszközök bekerülési értékétől függően). Ezek alapján a *palánta közvetlen önköltsége* 12,60 Ft/db, amely az évi 750 ezer növénykibocsátáshoz képest palántánként 9,02 forinttal kevesebb, összességében egy 146,56%-os költségarányos jövedelmezőségi rátát jelent.

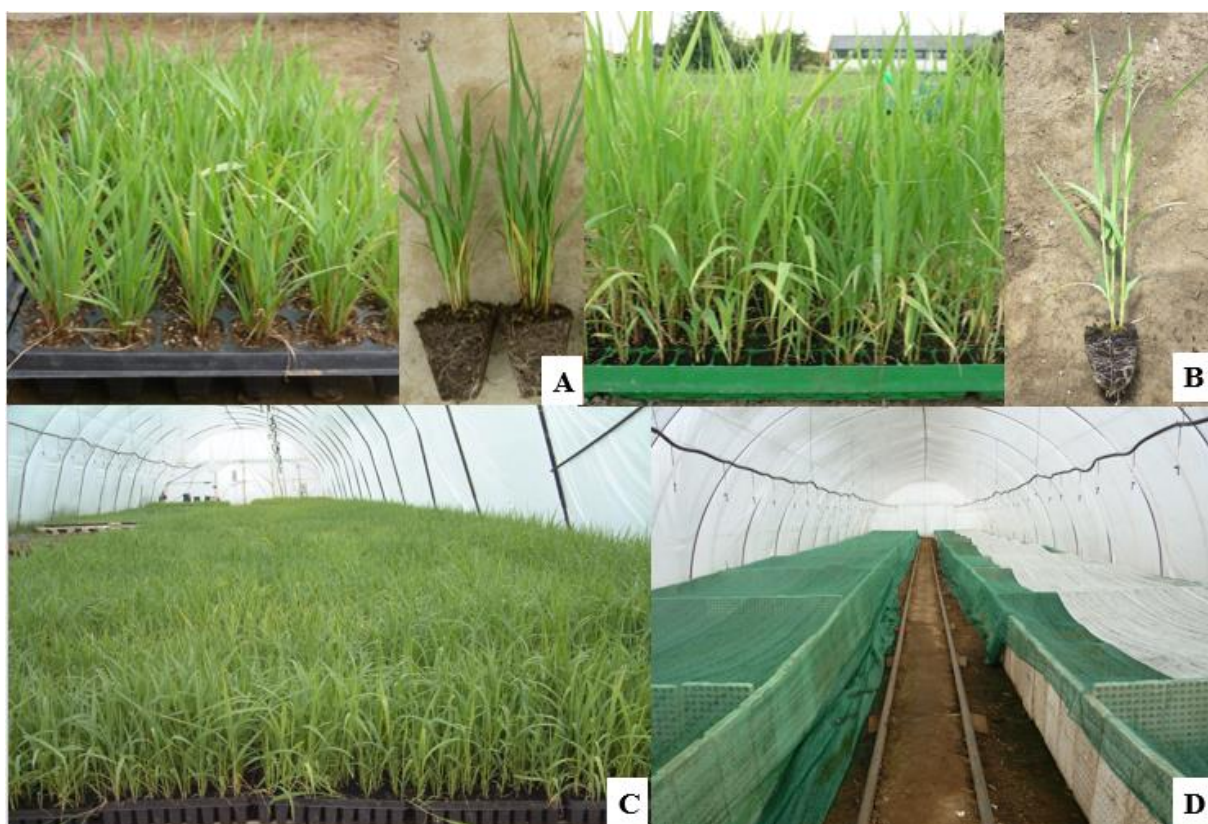
2. szakasz: Palántanevelői fázis

A laboratóriumi fázisban előállított, akklimatizálásra kész, csomós palántákat, a Magyarország éghajlatát és fényviszonyait figyelembe véve, leghamarabb február közepétől lehet kiültetni fűtött fóliasátrakba. A laboratóriumi nevelés kezdetét a fóliasátorba történő kiültetési időponthoz célszerű időzíteni (39. ábra). A palántanevelés 2 fő szakaszra bontható, a laboratóriumból kikerülő csomós palánták akklimatizálási fázisából (14-21 nap) és a kiültetésre alkalmas, tápközeges szálas palántanevelésből (35-42 nap) áll (8. táblázat, 41A, B, C. ábra). A palántanevelés ideje hőmérsékleti és fényviszonyoktól függően 7-8 hetet vesz igénybe. A kiültetés a hazai klímán akár augusztus végéig folyamatosan lehetséges, mivel a kidolgozott palántanevelési technológia alapján a jól akklimatizált és kellően begyökeresedett palántákat a szabadföldön vagy akár fóliasátorban is át lehet teleltetni a kiültetésig (41D. ábra).

8. táblázat: Olasz nád szomatikus palánta előállítás legfontosabb teljesítmény-mutatók a 2. palántanevelői szakaszban

| Nevelési fázisok/ előállított palánta típusa | Növénynevelő tálca típusa (ültető helyek száma, db) | Nevelési idő (nap) | Növények száma (db/tálca) | Föld-keverék szükséglet (liter/tálca) | Szaporító tálcák helyigénye (m ² /tálca) | Élőmunka szükséglet (tálca/óra/fő) ^(e) |
|--|---|---------------------|---------------------------|---------------------------------------|---|---|
| 1. fázis: Csomós palánta | Szaporító láda (136) | 14 ^(c) | 1 088 | 10 | 0,1539 | 2,54 |
| | Szaporító tálca (144) | - 21 ^(d) | 1 152 | 10,5 | 0,1575 | 2,46 |
| 2. fázis: Szálas palánta | Szaporító tálca (144) ^(a) | 35 ^(c) | 144 | 8,7 | 0,1575 | 1,49 |
| | Szaporító tálca (104) ^(b) | - 42 ^(d) | 104 | 12,5 | 0,1575 | 2,06 |

Forrás: saját adatgyűjtés és összeállítás, 2013-2014. Megjegyzés: Magyarország éghajlati viszonyainak megfelelő technológia. a) Tavaszi palántaneveléshez, b) Nyári palántaneveléshez vagy teletetéshez szükséges szaporító tálca. c) Április közepe – szeptember között végzett palántanevelési idő. d) Február – április eleje között végzett palántanevelési idő. e) Tartalmazza a tálcák töltéséhez, előkészítéséhez, elrendezéséhez, a növények válogatásához és az ültetéshez szükséges időt egyaránt.



41. ábra: Szaporítóanyag előállítás 2. szakaszában előállított, szabadföldi kiültetésre alkalmas olasz nád szálas palánták nevelése és telettetése fóliasátorban

Forrás: saját fotó és összeállítás, 2013. Megjegyzés: A) 2/1. fázis: Szaporító tálcában nevelt csomós palánták. B) 2/2. fázis: Szaporító tálcában nevelt szálas palánták. C) Szabadföldi kiültetésre alkalmas, szálas olasz nád palánták nevelése nagy légtérű fólia sátorban 30 cm³ sejttérfogatú szaporító tálcákban. D) olasz nád palánták telettetezése nagy légtérű fóliasátorban.

Magyarországon a csomós növények nevelési ideje (aklimatizálással együtt) évszaktól függően változik. Február és április eleje között kiültetett növények esetén 3 hét, április közepe és szeptember között kiültetett növények esetén 2 hét szükséges, hogy a szétszedéshez szükséges fejlettséget elérje a növény. A palántanevelés 2. fázisának hosszát szintén az éghajlati és fényviszonyok határozzák meg, ennek megfelelően 6-7 hetet vesz igénybe, hogy a szálas növények a szabadföldi kiültetéshez kellően begyökeresedjenek. A nevelést különböző térfogatú és méretű tálcákba célszerű kivitelezni nagy légtérű fóliasátrakban (8. táblázat).

Az évi 2 millió növényt két termelési ciklus alatt lehet előállítani, mivel a laboratóriumi szakaszban a kapacitások maximálisan 1 millió növény előállítását teszik lehetővé. Az 1 milliós növénykibocsátás legfontosabb jellemzőit, eszköz-, hely-, idő- és munkaerő szükséglet függvényében a 9. táblázat mutatja be.

9. táblázat: 1 termelési ciklusban előállított, 1 millió szabadföldi kiültetésre alkalmas olasz nád szomatikus palánta előállításának legfontosabb paraméterei

| Nevelési fázisok | Szükséges nevelőtálcák száma | Földkeverék szükséglet | Helyigény | | Munkaerő szükséglet ^(d) | |
|---------------------------------|------------------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------|------------------------------------|-------------------|
| | db (típus) | liter (50 L/ db) | db növény / m ² | összesen m ² | 1 fő/ 9 óra /nap | 14 fő/ 9 óra /nap |
| 1 fázis: Csomós palánta | 919 ^(a) | 9 191 (184) | 7 069,53 | 141 | 41 | 3 |
| | 868 ^(b) | 9 115 (182) | 7 314,29 | 137 | 40 | |
| 2. fázis: Szálas palánta | 6 944 ^(b) | 60 417 (1 208) | 914,29 | 1 094 | 518 | 37 |
| | 9 515 ^(c) | 120 192 (2 404) | 660,32 | 1 514 | 519 | |

Forrás: saját adatgyűjtés és összeállítás, 2013-2014. a) Szaporító láda (136 db-os), b) Szaporító tálcá (144 db-os). c) Szaporító tálcá (104 db-os). d) Tartalmazza a tálcák töltésének, előkészítésének, elrendezéséhez, a növények válogatásához, az ültetéséhez és tálcák elrendezéséhez szükséges időt.

1 millió csomós növény kiültetéséhez az 1. csomós palántanevelési fázisban típustól függően megközelítőleg 870-920 db szaporító tálcára van szükség, amely négyzetméterenként 7 000-7 300 db növény felnevelését jelent (1 csomóban 8 db hajtással számolva). A tálcák elhelyezéséhez kb. 140 m² alapterületre, a neveléshez megközelítőleg 9 200 liter földkeverékre van szükség (185 db 50 literes speciális földkeverék). A palántanevelés nagy élőmunka igényű,

ebben a fázisban egy ember egy óra alatt megközelítőleg 2,5 db szaporító tálcát képes beültetni. Az érték tartalmazza a tálcák előkészítéséhez, töltéséhez, elrendezéséhez, a növények válogatásához szükséges időt is. Ezek alapján 1 millió csomós palánta beültetéséhez, napi 9 óra aktív munkavégzéssel 14 főnek 3 munkanapra van szüksége (2 megfelelő szakértelemmel rendelkező állandó dolgozó + 12 betanított alkalmi munkavállaló).

A palántanevelés 2. fázisához, a szabadföldi kiültetésre alkalmas szálas palánta neveléséhez, a felsorolt ráfordítások többszörösére van szükség. A nevelési idő hosszát és jellegét a szabadföldi kiültetés ideje és az értékesítés ideje határozza meg. A tavaszi, nyári kiültetéshez optimálisak a 144 db-os szaporító tálcában nevelt növények, ehhez kb. 7 000 db szükséges, négyzetméterenként 915 db palánta nevelhető fel maximálisan, a tálcák elhelyezéséhez 1 100 m² területre van szükség. A palántanevelés során a legtöbb élőmunkaerőt a csomós palánták szétszedése, osztályozása és átültetése jelenti. Ahhoz, hogy február eleji akklimatizálást követően az adott évben már május közepétől szabadföldi kiültetésre alkalmas, egységes méretű palántákat állítsanak elő, csökkenteni kell e műveletek elvégzéséhez szükséges munkanapok számát, növelve az élőmunka erő szükségletet. Ezek alapján optimálisan ennek a műveletnek 2-3 hetet kell, hogy igénybe vegyen. Az állomány kiültetése előtti időszakban a kedvezőbb környezeti viszonyok miatt a palánták már gyorsabban fejlődnek és eltűnnek az elhúzódó műveletekből adódó különböző palánta fejlettségi állapotok. Élőmunka erő felhasználás tekintetében így a 2. fázisban 1,49 db tálca/fő/órával lehet kalkulálni, amely szintén tartalmaz minden, már korábban felsorolt műveletet (tálcák töltése, elrendezése, növények szétszedés, osztályozása és beültetése).

A 9. táblázat alapján látható, hogy az előző fázisban említett 12+2 fő naponta 9 óra aktív munkavégzéssel 27 ezer növényt tud beültetni, így 37 munkanapba telne ez a művelet. Háromszorosára növelve a munkaerő kapacitást a hazai klimatikus viszonyok esetén május közepére szabadföldi kiültetésre alkalmas, szálas szomatikus olasz nád palánta állítható elő a vizsgált technológiával. Magyarországon a rövid tenyészidőszak és időjárási körülmények miatt nem célszerű július végétől, augusztus elejétől a telepítést elvégezni. Az előállított palánták abban az esetben, ha nem kerülnek ki a szabadföldre, lehetőség van azok teleltetésére fóliasátorban vagy szabadföldön egyaránt. A hosszabb nevelési idő miatt nagyobb térfogatú szaporító tálcák szükségesek (104 db-os szaporító tálca), azonban következő évben már egy kellően begyökeresedett, mini rizómákkal rendelkező, kiváló minőségű szaporítóanyagot lehet előállítani, amely akár magasabb áron is lehet értékesíteni. Ebben az esetben 1 millió palánta felneveléséhez közel 9 520 db szaporító tálca, 120 ezer liter (2 400 db 50 literes) speciális földkeverék és összesen 1 515 m² alapterületre van szükség, négyzetméterenként pedig 660 db palánta állítható elő (9. táblázat).

A Kelet-Magyarországi régió palántanevelési költségeit figyelembe véve bérelt palántanevelőben számos alkalommal, az év bármely szakaszában állított elő a vizsgált cég szabadföldi kiültetésre alkalmas palántákat. 2011-2013 közötti időszakban a KITE Zrt. Palántanevelő Telepén (Derecske) palántánként 16 Ft-ba került az olasz nád palántanevelési költsége. A palánták nevelése bizonyos palántanevelési fázisokban nagy szakértelmet igényel, hogy minél kisebb legyen az akklimatizálásból és palántanevelésből származó veszteség. Ebből kifolyólag a cég áttért saját fóliasátor bérlésére, saját nevelésű palánták előállítására, amellyel tovább csökkenthető a palántanevelés önköltsége. Megfelelő szakértelemmel és a kidolgozott technológiának köszönhetően a laborból kikerült növények kb. 95%-ából lehet szabadföldi kiültetésre alkalmas szálas palántát előállítani (5% alatti a veszteség). A kész, szabadföldi kiültetésre alkalmas palántákat a cég 47,47 Ft-os áron tudta értékesíteni. A 10. táblázat adatai mutatja be a teljes *olasznád szomatikus palántanevelési technológia* során (laboratórium és palántanevelő) keletkezett palánták termelési értékeit, termelési költségeit és jövedelemviszonyait évi 750 ezer és 2 millió növény előállítása esetén.

10. táblázat: A szaporítóanyag előállítás teljes szakaszának termelési értékéi és jövedelemviszonyainak alakulása az évenkénti növénykibocsátás függvényében

| | Szabadföldi kiültetésre alkalmas szomatikus szálas palánták előállítása | |
|--|--|------------|
| Hozam (db/év) | 750 000 | 2 000 000 |
| Értékesítési ár (Ft/db) | 47,47 | 47,47 |
| Termelési érték (Ft) | 35 606 025 | 94 949 400 |
| Közvetlen termelési költség (Ft) | 28 211 756 | 57 197 191 |
| Fedezeti összeg (Ft) | 7 394 269 | 37 752 209 |
| Általános költség (Ft) | 300 000 | 480 000 |
| Összes termelési költség (Ft) | 28 511 756 | 57 677 191 |
| Nettó jövedelem (Ft) | 7 094 269 | 37 272 209 |
| Költségarányos jövedelmezőség (%) | 24,88% | 64,62% |
| Közvetlen önköltség (Ft/db) | 37,62 | 28,60 |

Forrás: saját adatgyűjtés és összeállítás, 2014.

Évi 750 ezer szálas palántánál a teljes szaporítóanyag előállítási folyamat összes termelési költsége 28 211 756 Ft-ba, évi 2 millió db palánta esetében 57 197 191 Ft-ba került.

Palántánkénti 47,47 Ft-os értékesítési áron (0,15 Euro) a nettó jövedelem évi 750 ezres darabszámnál 7 394 269 Ft, a termelési kapacitások jobb kihasználásával, azaz évi 2 millió db esetében 37 752 209 Ft volt. Az *in vitro* úton történő palántanevelés önköltsége a növénykibocsátás és kapacitások kihasználásának függvényében változik, 37,62 Ft (0,12 Euro), de akár 28,60 Ft-ra (0,09 Euro) is csökkenthető.

A 38-39. ábrán javasolt technológia időbeli kivitelezésekor a Magyarországi éghajlati és klímaviszonyokat célszerű számításba venni, ennek megfelelően megválasztani az optimális akklimatizálási és palántanevelési időt, annak érdekében, hogy a termelési költségeket ne növeljük. Az olasznál egyik nagy előnye, hogy a palántanevelés egész évben, a tavasszal véget érő hagyományos palántanevelési időszak után nyáron és ősszel is folytatni lehet. Így a palántanevelő berendezések csúcsidőszakon kívül, vagyis nyári időszakban történő hasznosítására megoldást jelent a technológia (FARKAS, 2012; KURUCZ et al., 2014, 2018). A tél közeledtével lehetőség van a palánták vermesítésére egyrészt szabadföldi, másrészt palántanevelő berendezésekben egyaránt, amely a téli időszakban energiatakarékosan (nagy fűtési költségek nélkül) is megvalósítható. A tavasz közeledtével, a hőmérséklet és a napsütéses órák számával a palánták külön meghajtására nincsen szükség, vagyis a palántanevelés energia- és költségtakarékosan is kivitelezhető, így az év bármely szakaszában lehetséges.

A több éves kutató munka alapján, az 38-39. ábrán bemutatott és a korábban ismertetett olasznál szaporítási technológiával évi 2 millió növény előállítására lehetséges, a palánták önköltsége 28,60 Ft (0,09 Euro), amely sokkal alacsonyabb, mint a szakirodalomban található rizómás (0,5 Euro) szaporítóanyag palántánkénti költsége (PILU et al., 2013).

A vizsgált cég elsősorban külföldi piacon (Olaszország, Spanyolország, Kína stb.), 47,47 Ft áron értékesítette mind az akklimatizálásra alkalmas csomós növényeket, mind a szabadföldi kiültetésre alkalmas tápközeges palántákat. Olaszországban, Pescara székhelyű Arundo Italia nevű cég (Arundo Italia Srl.) számol be 0,385 Euro-s saját *in vitro* úton történő technológiájukból származó palánta árról (CORNO et al., 2014; I12), de részletes technológiai leírás, költség és jövedelmezőségi mutatók nem érhetőek el. Az előállított palántákat Olaszország számos régiójában termesztik, 2013-2014-es évben 40 db nagyüzemi olasznál ültetvényt létesítettek és hektáronkénti magas hozamról számoltak be. A második évben 26-52 száraz tonna/ha, a harmadik évben akár 74 száraz tonna/ha hozamot értek el.

Jelenleg Magyarországon olasznál palánta előállításával az Arundo Cellulóz Farming Kft. (Újfehértó) és társvállalatai foglalkoznak. Az általuk előállított *in vitro* szaporításból származó palántákat 74-75 Ft (0,24 Euro-s) áron értékesítette 2014-2015-ben (I13), amely technológiát több szabadalom is védi az elérhető információk szerint (MÁRTON-CZAKÓ, 2002a, b, c; 2007a, b). A növény helyi önkormányzatoknál szervezett fórumokon is népszerűtik, hazánkban

számos településen közmunkaprogram keretein belül telepítettek olasz nád ültetvényeket és számos külföldi értékesítésről számoltak be.

4.3.2. Az olasz nád üzemi termelés várható költségei a javasolható termesztés-technológiai elemek függvényében

Ebben az alfejezetben az olasz nád hazai termesztésének költség- és jövedelemviszonyainak alakulását mutatom be munka műveletenkénti csoportosításban és az ültetvény felszámolásáig eltelt 20 éves időszakban a vizsgált MOP Biotech Kft. által gyűjtött adatok felhasználásával (11. táblázat, 8. melléklet).

Az évelő növények termesztése teljesen eltér az egyéves szántóföldi kultúráktól. Gazdasági szempontból a növény életútja a szaporítóanyag előállításától/ megvásárlásától az ültetvény felszámolásáig tart. A több éves kutató munka és a feldolgozott szakirodalmi adatok alapján kijelenthető, hogy az olasz nád termesztése nem csak Európa déli országaiban lehetséges, hanem Magyarország hőmérsékleti és fényviszonyai is alkalmasak lehetnek az olasz nád termesztéséhez.

11. táblázat: Az olasz nád üzemi termelés várható költségeinek alakulása hektáronként az ültetvény 20 éves időtartama alatt műveletenkénti szerkezetben

| Költségnemek megnevezése | Munkaműveletek száma (db) | Költségek munka-műveletenként (Ft/ha) | 20 évben összesen (Ft/ha) | Megoszlása (%) |
|---|----------------------------------|--|----------------------------------|-----------------------|
| Talajelőkészítés | 1 | 33 000 | 33 000 | 1,19% |
| Szaporítóanyag | 1 | 500 000 | 500 000 | 17,99% |
| Telepítés | 1 | 50 000 | 50 000 | 1,80% |
| Gyomirtás (kézi, gép és vegyszeres) | 5 | 14 400 | 72 000 | 2,59% |
| Tápanyagutánpótlás | 5 | 25 000 | 125 000 | 4,50% |
| Betakarítás, szállítás, tárolás | 20 | 100 000 | 2 000 000 | 71,94% |
| Közvetlen termelési költségek (Ft) | - | - | 2 780 000 | 100% |

Forrás: MOP Biotech Kft. adatai alapján 2012-2014, saját szerkesztés. Megjegyzés: az adatok 2012-ben telepített ültetvények adatait tartalmazzák, de nem tartalmazzák az ültetvény felszámolásával járó és földbérlettel kapcsolatos költségeket. A műveletek elvégzéséhez szükséges gépek nem a cég tulajdonában vannak, azt bér munkában végezte.

Az eddigi termesztési tapasztalatok alapján az olasz nád biomassza ültetvények minimum 20 éves élettartamra tervezhetőek. Szakirodalmi források alapján a legrégebbi rizómáról szaporított növény termesztett állománya Európában húsz éves is lehet (2. melléklet). Az olasz nád rendkívül mértékben ellenáll a klímaváltozásokkal szemben. Botanikus kertekben megfigyelték, hogy egyetlen növényről telepített tő sugara 30 év alatt elérheti a 4-5 métert. Világszerte 50 év feletti, érintetlen állományok is ismertek, mezőgazdasági beavatkozás és művelés nélkül (SHATALOV-PIREIRA, 2002a). A talajtípus széles határok között változhat. A homok, szikes, sós, időszakosan nedves, ún. marginális területek, mezőgazdasági és ipari-kémiai anyagokkal, nehézfémekkel szennyezett talajok egyaránt alkalmasak lehetnek az olasz nád termesztésére, évi minimum 10-15 száraztonna/ha hozammal számolva. Magyarországi több éves termesztési adatokra alapozva az olasz nád téli fagyokkal jellemezhető mérsékelt klímán nem tekinthető vegetatív úton, agresszív módon terjedő terjeszkedő, invazív, kiirthatatlan fajnak és életképes magja sincsen. Az olasz nád telepítése, ápolási és betakarítási munkáinak elvégzésére a Magyarországon használt erő- és munkagépek alkalmasak.

Talajelőkészítés

Az olasz nád termesztésének egyik alapfeltétele a terület jó előkészítése. Jól előkészített talaj szükséges a kezdeti években folyamatosan növekedő biomassza eléréséhez. Átlagos talajviszonyok esetén a 30-40 cm-es őszi szántást, kompaktálódott, erősen meszes, agyagos talajokon az altalaj 70-80 cm-es szántás előtti lazítása szükséges. Homokos területeken a tavaszi telepítést közvetlenül megelőző talajelőkészítés is elegendő, ilyenkor kevesebb gyommal is lehet számolni. Az olasz nád palánták ültetése előtt a szántást tárcsázással célszerű lezárni a talajneveltség megtartására, illetve a nagy rögöket meg kell szüntetni, a szántóföldi zöldségtermesztés talaj-előkészítés során alkalmazott módszerhez hasonlóan. A talajtípus azonban széles határok között változhat. A homok, szikes, sós, időszakosan nedves, ún. marginális területek, mezőgazdasági és ipari-kémiai anyagokkal, nehézfémekkel szennyezett talajok egyaránt alkalmasak lehetnek az növény termesztésére.

A *talajelőkészítés* (szántás+elmunkálás) egy alkalommal, az ültetvény telepítésének évében merül fel. A talajelőkészítés várható költsége 33 000 Ft/ha tesz ki, az ültetvény teljes 20 éves termesztését tekintve a közvetlen költségek 1,19% (11. táblázat).

Szaporítóanyag kiválasztása és telepítése

Külföldön az olasz nád ültetvények telepítését korábban vírusokra nem tesztelt anyagokból indították el feldarabolt rizómákról, melegebb éghajlaton pedig feldarabolt szárnodusz dugványokról (2. melléklet). Ezek az eljárások azonban nem teszik lehetővé az ipari méretű vírusmentes ültetvények létesítését. Az éghajlat hatására kialakult olasz nád ökotípusok és azok

hidegtűrésük figyelembe vételével a jövőben az olasz nád nagyüzemi termesztésében a termőhelyi és éghajlati viszonyoknak megfelelő ökotípust célszerű kiválasztani a termésbiztonság megőrzése, a termés kiesése ellen. A növények pótlásának műveletei a termelési költségeket növelik meg.

Jól előkészített területen (gyommentes, mélyszántást követően jól előkészített, morzsalékos talaj) és átlagos csapadékú évjáratokban elsősorban ún. tálcás palánták telepítése javasolható ültető gépek felhasználásával.

Hazánkban az olasz nád palánták telepítésének ideális időpontja április vége, május eleje a kora tavaszi fagyok elmúltával. A maximális hozam eléréséhez a hazai klímára adaptálódott ökotípusok felhasználásával és a telepítési költségek csökkentése érdekében az 1x1 m-es térállás, 10 000 palánta/ha az optimális megoldás, ráadásul lehetővé teszi a mezőgazdaságban használatos erőgépek használatát az ápolási munkák elvégzésénél és a betakarításnál. A palántákat minél mélyebbre, akár 10-15 cm-re célszerű ültetni, elsősorban a télállóság és a gyorsabb fejlődés érdekében. Az áprilisi, májusi palántázású, megfelelően begyökeresedett palánták gyökérzete gyorsan lehatol a nedves alsóbb rétegekbe. Nyár közepétől az új, ún. érett hajtások töve egyre vastagabb lesz. A fiatal, záródó ültetvény a gyomok növekedését a nyár végére jelentősen lassítja. Az első év végére az állomány – tövenként 10-20 db hajtással – elérheti a két méter körüli magasságot. A júniusban, július elejéig megvalósított ún. kései palántázású állomány bezáródása a második évben fejeződik be. A tapasztalatok szerint a június végéig, július elejéig megvalósított telepítések is gyorsan fejlődnek és begyökeresednek, amennyiben az öntözést biztosítani tudjuk, illetve ha a nyár csapadékosabb. Lényeges szempont, hogy a második év végére a tövek gyökérzete elérhesse a talajvíz közeli réteget és/vagy a mélyebb talajréteget.

A *telepítés költségei*, amelyhez kézi és gépi munkaerő egyaránt szükséges, hektáronként 50 000 Ft körül alakul, 20 éves időtartamra számolva az összes közvetlen költség 1,8%-át teszi ki. A palánták ára hektáronként átlagosan 500 000 Ft-ot tesznek ki (50 Ft-os palántaár esetén), ha az előző fejezetben ismertetett, új biotechnológiai módszerrel előállított szomatikus palántákat használjuk fel. Ezek a költségek egyszeri alkalommal a telepítés évében merülnek fel és összes közvetlen költség 18%-át teszi ki (11. táblázat).

Ápolási munkák

Alapvetően gépi technológia használható, de az ültetést követően ajánlott egy kézi gyomirtás. Az ültetvény teljes záródásáig az első három évben vegyszeres gyomirtás szükséges, amelyre bármelyik egyszikűeket nem érintő, vagy szelektív egyszikű növényvédőszer (pl.: kukorica posztemergens gyomirtásában használható szer) alkalmas. A második évben a gyomok ellen a tenyészidőszak kezdetén egy sorközművelés szükséges (8. melléklet). A *gyomirtás* (gépi, kézi,

mechanikai) költségei 72 000 Ft-ot jelentenek, amely az ültetvény fenntartásának teljes időtartama alatt felmerülő közvetlen költségek 2,59%-át teszi ki (11. táblázat).

Az olasz nád évelő, lágyszárú, rizómás kultúra, így a hajtásokban, levelekben található tápanyagok nagy részének hatékony újrahasznosítása jellemzi. A tenyészidőszak végén a mobilizálható tápanyagok nagy része a földalatti raktározó gyökerekbe vándorol, a 60-65% cellulózt és hemicellulózt tartalmazó szár- és levélállomány kerülhet betakarításra. A tápanyag-átrendeződésnek e folyamata a következő évi gyors növekedést készíti elő. Ezen folyamat eredményeként az olasz nád ültetvény átlagos tápanyagigénye számottevően alatta marad a szántóföldi kultúrnövénynek. A tápanyag-utánpótlás mértékét az ültetvény betakarított terméseredményei alapján lehet meghatározni. A második-harmadik évtől kezdve nem igényel talajművelést, a száruk összeérnek és záródnak, a talajt sűrűn áthálózó gyökérszövet megköti annak felületét az erózióval szemben. Így kitűnő víztartó, vízfelvevő és vízmegőrző réteget képez a hirtelen lezuhanó, nagy mennyiségű csapadék idején is. A hatalmas gyökértömeg következtében a beállt állomány kitűnően bírja az átmeneti és hosszabban tartó szárazságot, egyúttal rendkívül sok szerves anyagot juttatva a talaj mélyebb rétegeibe is, miközben lebontja a talaj különböző szerves szennyeződéseit, a gyökérszövet körülvevő intenzív mikrobiális aktivitás segítségével (ALSHAAL et al., 2013). A nitrogén műtrágyázásra az első évet kivéve általában nincs szükség, mivel nitrogénkötő baktériumok találhatóak a gyökérszövetükön.

Az évente növekvő hozam és állandósulásának biztosítása érdekében, továbbá a felhasználási céltól függően változik a növény tápanyagigénye. A téli, kora tavaszi betakarítás esetén az ásványi anyagokat 4 évente célszerű pótolni (kálium, foszfor és mikroelemek stb.). Az első évben a szilárd műtrágyák bedolgozása lehetséges, ugyanakkor a második, harmadik évtől az ültetvény töve a sorokban összezárnak, amely megakadályozza a műtrágyák talajba történő bedolgozását. Kevésbé tanulmányozott, de nem elhanyagolható szempont az is, hogy az intenzív talajélet következtében a zárt lomb alatt ún. lokális széndioxid-akkumuláció alakulhat ki, amely szántóföldi spontán szén-savtrágyázásként is felfogható (Renaud-effektus). Az eddigi tapasztalatok szerint a betakarítást követően a saját hamu (pl. a szingáz előállító eróművek mellékterméke) területre kijuttatása biztosítja az egyéb ásványi sók stabil körforgását. A *tápanyagutánpótlás* költségei 20 éves időtartamra számolva, hektáronként mintegy 125 000 Ft-os költséget tesznek ki, amely a teljes közvetlen költségek 4,50%-át jelentik (11. táblázat). Célszerű a növény kitűnő adaptációs képességét is figyelembe venni, ismert fitoremediációs növényként is, így megfontolni a szennyvíziszappal történő kombinált kezelést és tápanyagutánpótlást.

Összevetve egyéb fás és lágyszárú évelő növényfajokkal megállapítható, hogy az olasz nád termesztését szignifikánsan kevesebb növényvédő (gyomirtó és rovarirtó szer) és műtrágya

felhasználás jellemzi (ANGELINI et al., 2009). Az olasz nád ültetvényekben rovar és más kártevők ellen nem szükséges a védekezés, mert jelentős kártevők és kórokozók nem ismertek. Tekintettel arra, hogy a biotechnológiai úton előállított olasz nád szaporítóanyaga bizonyítottan vírusmentes, a leveleken és a száron olykor megjelenő levéltetvek által terjesztett vírusok ritkán fordulnak elő. Az olasz nád magas biomassza hozamának köszönhetően a vírusok nem okoznak károkat, mivel a vírus a rizómákba nehezen tud lejutni és áttelelni. Fontos megjegyezni, hogy a termesztett állományok továbbszaporításával és hagyományos technológiák alkalmazásával már nem biztosítható a vírusmentesség fenntarthatósága. Egyes területekről kora tavasszal beszámoltak némi vad elleni károkról, a friss hajtásokat kora tavasszal nagyobb vadak megrágcsálták.

Betakarítás

Hazai éghajlati körülmények között a rövid tenyészidőszak miatt az évi egyszeri betakarítás javasolható, mert az évi kétszeri betakarítás a biomassza hozamok csökkenéséhez vezethet. A betakarítást a tenyészidőszak végétől az új hajtások megindulásáig (novembertől-április végéig) indokolt elvégezni. A frissen vágott olasz nád víztartalma kb. 45-50%-os, amely problémát okoz a betakarításkor, növelve a szállítási és feldolgozási költségeket. Más évelő lágyszárúakra (kínai nád) kidolgozott betakarítási technológiák és gépek (pl.: egymenetes betakarítással összekötött bálázás) közvetlenül nem adaptálhatóak az olasznádra (MONTI et al., 2015).

Az *egymenetes betakarítás* elvégezhető önjáró szecskázógéppel vagy önjáró silózára szerelt speciális adapterekkel, amellyel olasz nád apríték állítható elő (42. ábra).



42. ábra: Az olasz nád betakarításának gépei

Forrás: saját szerkesztés, PARI et al. (2015a) alapján

A learatott szecska halmokban, szabadban csak csapadékhiányos időszakban tárolható, ahol gyorsan veszít a víztartalmából (20-30%-ig csökken). A felhasználás tároló prizmákból történhet vagy közvetlenül az aratást követően nagyterfogatú járművekkel szállítják a

feldolgozókhöz, ahol közvetlenül vagy szárítás után kerülhet felhasználásra (PARI et al., 2015b). Nagy előnye az ültetvénynek, hogy az aratásra kész olasz nád tűzveszély nélkül, lábon tárolható novembertől-májusig. A learatott növény száras tárolásra is alkalmas, akár kék formájában az aprítást megelőzően.

A *kétmenetes betakarítás* esetén először a növény szárai kerülnek levágásra, a magas víztartalom és a gyorsabb száradás miatt célszerű az üreges, szárcsomókkal tagolt szárat megroppantani. Kiszáradást követően, 20-30%-os nedvességtartalom között szecskázható és bálázható. Spanyolországban kifejezetten erre a célra fejlesztettek ki olasz nád szecskázására és bálázására alkalmas gépet (I14).

A *betakarítás* költsége nagyban függ a betakarítás módjától (egy- vagy kétmenetes), az erőgépek, munkagépek típusától, a learatott termék sűrűségétől és a tömörségétől. A tárolás és a szállítás költségei, a felvevőpiac közelsége meghatározó tényező a növény termesztésében. Az eddigi hazai termesztési tapasztalatok alapján a növény 20 éves időtartama alatt a *betakarítás, szállítás és tárolás* költségei teszik ki a legnagyobb költséghányadot összesen 2 000 000 Ft-ot, amely a 71,94%-át jelenti a teljes közvetlen termelési költségnek (11. táblázat).

Biomassza hozam

A MOP Biotech Kft. által szolgáltatott adatok alapján Magyarország különböző területein telepített állományok biomassza hozama esetén első évben hektáronként 8 száraz tonna, második évtől átlagosan 20 száraz tonna/hektárral számolhatunk átlagos termőképességű talajokon az ismertett technológiával. A homok, szikes, sós, időszakosan elárasztott, ún. marginális területeken (mezőgazdasági, ipari-kémiai anyagokkal, nehézfémekkel szennyezett talajokon) évi minimum 10-15 száraztonna/ha hozam érhető el. Magyarországi több éves termesztési adatokra alapozva az olasz nád téli fagyokkal jellemezhető mérsékelt klímán, nem vízparti régióban nem tekinthető vegetatív úton, agresszív módon terjedő invazív fajnak továbbá életképes magja sincsen.

Az ültetvények felszámolása

A biomassza előállítás céljából telepített ültetvények esetében – nem szükségszerűen – ki lehet alakítani a termőkörzet ún. pufferezónáját is, amely 5-10 m körül javasolható. Ezt a területet talajműveléssel célszerű tisztán tartani vagy más fajokból létesíteni ún. térzáró sorokat egyéb évelő, nem rizómás, lágyszárú fajok telepítésével. Az olasz nád ültetvények megszüntetésére részletesen kidolgozott módszerek vannak (lásd olasz nád általános bemutatása fejezet). A kémiai és mechanikai védekezési technológiák kombinációjával a gyorsan növekvő olasz nád ültetvények is viszonylag könnyebben felszámolhatóak, ahogyan az történt a Debreceni Egyetemi Biomassza Bemutató Kertben 2016/2017-ben. Először az intenzív növekedés

időszakában szükséges a növényt visszavágni és betakarítani, a vegetáció végén a levélre kijuttatott totális gyomirtó szer alkalmazásával (pl. glifozát) az újra kihajtott állományt lehet eliminálni. Ezt követi a rizómák és a gyökerek 35-45 cm mélységű szétforgácsolása és kiszántása (pl.: erdészeti pásztakészítő talajmaró használatával), ezt követően a terület újra mezőgazdasági művelésre használható. Az ültetvény felszámolásával járó hektáronkénti költségek várhatóan 60 000 Ft.

A 12. táblázat adatai mutatják be az olasz nád termesztés várható termelési értékének és jövedelemviszonyainak alakulását különböző értékesítési ár függvényében.

12. táblázat: Az olasz nád termesztés várható termelési értékének és jövedelemviszonyainak alakulása különböző értékesítési ár függvényében

| | | | |
|--|-----------|-----------|-----------|
| Hozam (száraz tonna/ha/20 év) | 388 | | |
| Értékesítési ár (Ft/száraz tonna) | 8 000 | 12 000 | 16 000 |
| Termelési érték (Ft/ha/20 év) | 3 104 000 | 4 656 000 | 6 208 000 |
| Közvetlen termelési költség (Ft/ha/20 év) | 2 780 000 | | |
| Közvetlen termelési költség (Ft/ha/év) | 139 000 | | |
| Fedezeti összeg (Ft/ha/20 év) | 324 000 | 1 876 000 | 3 428 000 |
| Fedezeti összeg (Ft/ha/év) | 16 200 | 93 800 | 171 400 |
| Általános költség (Ft/ha/20 év) | 300 000 | | |
| Összes termelési költség (Ft/ha/20 év) | 3 080 000 | | |
| Összes termelési költség (Ft/ha/év) | 154 000 | | |
| Nettó jövedelem (Ft/ha/20 év) | 24 000 | 1 576 000 | 3 128 000 |
| Nettó jövedelem (Ft/ha/év) | 1 200 | 78 800 | 156 400 |
| Költségarányos jövedelmezőség (%) | 0,78% | 51,17% | 101,56% |
| Közvetlen önköltség (Ft/száraz tonna) | 7 165 | | |

Forrás: MOP Biotech Kft. adatai alapján 2012-2014, támogatás nélkül, saját szerkesztés. Megjegyzés: az adatok 2012-ben telepített ültetvények alapján becsült adatokat tartalmaznak. Az első évben 8 száraz tonna/ha, második évtől kezdve 20 száraz tonna/ha hozammal lehet számolni 20 éves időtartamra.

A 12. táblázat adatai alapján látható, hogy a megfelelő termést adó olasz nád ültetvény becsülhető életrétege (20 év) alatt felmerülő összes közvetlen költség megközelítőleg 2 780 000 Ft-ot (9006 €) tesz ki hektáronként (évente 139 000 Ft/ha, 450 €), nem számolva az ültetvény felszámolásával járó és az általános költségeket (300 000 Ft/ha). Ezen idő alatt az évenkénti egyszeri betakarítás (71,94%) jelenti a legnagyobb költségvetést. A szaporítóanyag, a telepítéssel járó költségek (17,99%) és a tápanyag utánpótlás (4,50%) költségei számottevőek még (11. táblázat).

Az Arundo Italia Ltd. (Olaszország) hasonló években végzett gazdasági kalkulációkkal Olaszországban az olasz nád termesztés teljes közvetlen költsége meghaladta a hazai adatokat, azonban a felvevő piac közelsége miatt a betakarítási és szállítási költségek, az ültetvény fenntartási költségei nem jelentenek nagy költségnyadot. A cég elsősorban biogáz, de bioetanol előállítás céljából is létesít olasz nád ültetvényeket, amelyre alkalmas üzemek rendelkezésre állnak, ezek vonzáskörzetébe telepíti a hasznosításra szánt növényeket.

20 éves időszakra számolva összesen 14 350 Euro (évente 717,5 €/ha), amelyből a szaporítóanyag költsége 3 850 Euro/ha (26,83%), a fenntartási költségek 10 500 Euro/ha (73,17%) tesznek ki számottevően magasabb, 35 száraz tonna/ha hozam esetén. Évenként a közvetlen termelési költség hektáronként 700-1 000 Euro között van Észak-Olaszországban, a közvetlen önköltség hektáronként 13-20 Euro között változik (CORNO et al., 2014; I12). Az előzőekben ismertetett saját gazdasági kalkuláció alapján elmondható, hogy a rizómás palánták használatakor a szaporítóanyag előállítás költségei megnövekedhetnek. A meglévő gazdasági kalkulációi alapján a legnagyobb költséget az olaszországi kutatók számára a szaporítóanyag és a telepítési költségek tették ki. A rizómás szaporítóanyag költsége 0,5 Euro, a mikroszaporításból származó palánta ára 0,350 Euro volt CORNO et al., 2014; I12 adatai alapján. Az ismertetett és a MOP Biotech Kft. által használt és kidolgozott technológiai révén azonban a termelési költségek közül a szaporítóanyag előállítás költségét közel felére (0,12 Euro), akár harmadára lehetett csökkenteni (0,09 Euro/palánta).

Hazánkban a lakossági szektor (brikett, pellett stb.) felhasználása nem jelentős, ezért a növény égetési célból történő felhasználása esetén nagyobb volumenű felvevő piac egyértelműen a biomassza-erőművek lehetnek. A teljesen száraz olasz nád apríték tonnánkénti ára 2012-2014 között 12 000-16 000 Ft (38-52 €) között változott, amely az utóbbi évek alacsony energiaárak hatására akár 8 000 Ft-ra (25-26 €) is visszaeshet. Az olasz nád termesztés összes termelési költsége 3 080 000 Ft, árbevétel függvényében a nettó jövedelem hektáronként 1 200-156 400 Ft között alakult az utóbbi években az ismertetett technológiai elemek alkalmazásával. A közvetlen önköltség a 12. táblázatban ismertetett költségek függvényében 7 165 Ft/száraz tonna (23 €). Megállapítható, hogy a jelenlegi energiaárak nem teszik lehetővé a növény

gazdaságos termesztését égetési szempontból történő felhasználásra, amelyhez a hazai feldolgozóipar hiánya is hozzájárul.

A feldolgozott szakirodalmi forrásokra hivatkozva fontos kiemelni, hogy az olasz nád termesztésének a célja leginkább a magasabb hozzáadott értékű termékek előállítása (bioüzemanyagok, biogáz, kémiai alapvegyületek, takarmány- és élelmiszer-összetevők, műanyagipari alapanyagok, gyógyszeripari alapanyagok stb.), azonban a biofinomító ipar hiányában jelenleg még nem terjedt el az olasz nád és más perspektivikus bioipari növények előnyös tulajdonságai ellenére sem, amelyeket a következő fejezetben kívánok röviden ismertetni.

4.3.3. Az olasz nád energetikai hasznosításának előnyei és hátrányai, az eddigi legfontosabb energetikai hasznosítási lehetőségek jellemzői más biomassza növényekkel összehasonlítva

Az 13. táblázat mutatja be az olasz nád termesztésének és hasznosításának szempontjából a legfontosabb előnyöket és hátrányokat szakirodalmi források és a több éves kutató munkám során gyűjtött tapasztalatok alapján a „A jövő biomassza növényeivel szemben támasztott követelmények” c. 1. táblázatban felsorolt szempontok figyelembe vételével.

13. táblázat: Az olasz nád hasznosításának előnyei és hátrányai

| SZEMPONT | ELŐNY | HÁTRÁNY |
|-------------------------|--|---|
| TERMESZTÉS | | |
| Biológiai tulajdonságok | Évelő kultúra révén kevesebb a termesztés munkaműveleteinek száma egyéves kultúrához képest, így csökkenthető a termesztés költsége, energiafelhasználása és ÜHG kibocsátása | Fagyérzékeny, termőhely specifikus ökotípus használata szükséges a hozambiztonság fenntartása és a termesztési költségek növekedése ellen |
| | Különböző éghajlathoz és talajtípushoz képes alkalmazkodni (alacsony termőképességű vagy marginális területeken is termesztethető) | Átmeneti vízborítottságot bírja, de invazívítási problémák léphetnek fel melegebb éghajlati égövön |
| | Talajjavító, szennyvíztisztító hatású, fitoremediációs is célokra alkalmas | Különböző nehézfémeket és toxikus anyagokat akkumuláló növényi részek külön kezelése szükséges |
| Invazívítás, terjedés | Életképes maggal nem rendelkezik, allergénmentes pollen rizómái a bambusszal ellentétben nem tarackos jellegűek | Fagymentes, melegebb éghajlati területeken, főleg vizes élőhelyeken fellépő invazívításáról ismert |

| | | |
|-----------------------------|--|--|
| | Kizárólag vegetatív úton szaporítható: rizómáról, szárdugványról vagy <i>in vitro</i> úton különböző módszerekkel | |
| Szaporítás, nemesítés | Tömegszaporítás lehetősége biotechnológiai módszerrel, az <i>in vitro</i> szaporítóanyag molekuláris és hagyományos nemesítési lehetőségei és kombinálhatósága | Rizómás, szárdugványozásos és hagyományos mikroszaporítási módszerek alacsony hatékonysága |
| Termesztési költségek | Alacsonyabb fenntartási költségű, azáltal, hogy szignifikánsan kevesebb műtrágya, növényvédő- és gyomirtó szer szükséges a termesztéséhez más fás szárú és/ vagy egyéves energianövényekhez képest | Magas beruházási költség, a szaporítóanyag és a telepítés költsége miatt |
| Betakarítás | Egy- vagy kétmenetes betakarítási lehetőségek a mezőgazdaságban használatos gépekkel | Más évelő, lágyszárúakra, pl. a kínai nádra kidolgozott betakarítási módszer közvetlenül nem adaptálható |
| Biomassza hozam | Magas hektáronkénti biomassza hozam öntözés nélkül is: hazánkban ~20 száraz tonna/ha, melegebb területeken 25-37 száraz tonna/ha hozam érhető el | Magas a betakarításkori víztartalom (40% feletti), amely növeli a szállítási és feldolgozási költségeket |
| HASZNOSÍTÁS | | |
| Zöld biofinomító ipar | Zöld biomassza alapú energiatermelésbe és zöld biofinomító üzemekbe történő beilleszthetőség | Lignocellulóz alapú biomassza feldolgozása magasabb költséggel járhat, előkezelés szükséges |
| Égetés | Viszonylag magas felső fűtőértéke van (17-20 MJ/kg között) | Magas hamu és szilícium tartalommal rendelkezik (főleg a levelekben), amely a növény magas kálium- és klórtartalmával párosulva problémát jelent korróziós szempontból, továbbá az elégetéskor káros vegyületek szabadulhatnak fel |
| Nettó energia- hozam | Égetésekor az évenkénti nettó energia-hozama (~600 GJ/ha) magasabb, mint a kínai nád, nyár vagy az egyéves kultúráké | - |
| Biogáz előállítás | Fajlagos biogáz hozama magasabb (7 170-11 280 N m ³ CH ₄ /ha) évi egyszeri betakarítás esetén, mint a kukorica, a cirok vagy a tritikálé hozamai | Szárazanyagra vetített biomassza hozama kisebb (~450-524 N m ³ CH ₄ /tonna száraz tömeg), mint más hagyományos biomassza növényekénél (kukorica, cirok, tritikálé) |

| | | |
|--------------------------------|--|---|
| | 15 éves termesztési ciklus esetén a biogáz előállítás teljes költsége (11 850 Euro/ha) harmada a kukoricánál | Előkezelésekkel növelhető (12-60%-al) az előállítható, száraz tonnára vetített biogáz mennyisége, volatilis (lebegő) anyagok jelenléte a növény magas szilícium tartalma miatt |
| Bioetanol előállítás | Második generációs bioetanol előállítás alapanyaga Hektáronként 11 000 – 15 228 liter bioetanol előállítás is lehetséges, amely 20-50%-al meghaladhatja más bioetanol előállításra alkalmas növényekénél | Nagy beruházási költségű, mert a lignocellulóz alapanyagok feldolgozása sokkal komplexebb folyamat, bioetanol előállításához különböző biológiai, fizikai, kémiai és fizikokémiai eljárások alkalmazása szükségesek |
| | Második generációs bioetanol előállítás teljes költsége tonnánként a búza szalmájának felhasználásához hasonló, de olcsóbb, mint a ciroké | Magasabb beruházási és fenntartási költség az első generációs bioetanol üzemekkel szemben |
| Kisebb jelentőségű hasznosítás | Cellulóz- és papíripari alapanyag, fitoremediációs (talajjavító) cél, dísznövény, fafűvös hangszer alapanyag, gyógynövény, építőanyag, faipari termékek, faforgács, növénytámaszték, műanyag előállítás, aktív szén előállítása stb. | - |

Forrás: saját szerkesztés és összeállítás

A növény hektáronkénti biomasszájának és más energia növényekhez hasonló fűtőértékének (nyárfa, kínai nád, vesszős köles) köszönhetően az egyik potenciális felhasználási lehetőség a közvetlenül tüzelésből származó energia-előállítás. A növényből mért fűtőérték 17-20 MJ/kg között van a szakirodalmi adatok alapján (17. melléklet, 13. táblázat).

Egy másik évelő lágyszárú energianövényhez, a vesszős köleshez hasonlóan az olasz nád magas hamu- és szilícium tartalommal rendelkezik. Azt is megállapították, hogy a növény levele sokkal több hamut és szilíciumot tartalmaz, mint a szárrészek (MONTI et al., 2008; COULSON – BRIDGWATER, 2004). NASSI o DI NASSO et al. (2010) kísérletekkel bizonyították, hogy megfelelő agronómiai technikák alkalmazásával (őszi-téli betakarítás és megfelelő tápanyagellátással) lehet a növény biomassza minőségét javítani, így növelve fűtőértékét. A növény szilícium-tartalma a magas kálium- és klórtartalommal párosulva problémát jelenthet korróziós szempontból (MONTI et al., 2008). Fontos megemlíteni, hogy a növény elégetésekor káros vegyületek (nitrogén-oxidok, hidrogén-klorid, kén-dioxid és szén-monoxid) is keletkezhetnek (DAHL – OBERNBERGER, 2004, 13. táblázat).

NASSI o DI NASSO et al. (2010, 2011a, 2013a) és ANGELINI et al. (2009) különböző agronómiai, környezetvédelmi és gazdasági szempontok alapján hasonlította össze az olasz nád termesztésének és feldolgozásának hatékonyságát a kínai nád, a gyorsvágású nyár és más egyéves potenciális energiatermelésre alkalmas növények (cukorrépa, durum búza, cirok, napraforgó) értékeivel. Energiatermelés szempontjából vizsgálva az olasz nád és a kínai nád előállításához hektáronként közel azonos, évenként megközelítőleg 13 GJ/ha energia-bevitelre van szükség, amely az egyéves növények esetén 20 GJ/ha felett van, a nyár esetében a 3 évenkénti betakarítás miatt az energia-bevitel 5 GJ/ha körül alakul. Az évenkénti nettó energiahozam az olasz nád esetében a legnagyobb (~600 GJ/ha), sorrendben a kínai nád (~450 GJ/ha), a nyár (~300 GJ/ha) és az egyéves növényfajok (~110 GJ/ha) követik. Az évenkénti ÜHG kibocsátás tekintetében az egyéves fajok termesztésekor hektáronként 1 400 kg, kínai nád és olasz nád esetében közel azonos 800 kg, nyárfa esetében 460 kg CO₂ egyenértékű kibocsátással lehet számolni (13. táblázat).

Az olasz nád zöld biomassza formájában biogázként történő hasznosítására vonatkozó szakirodalmi adatok száma igen kevés, elsősorban olaszországi szakirodalmi források állnak rendelkezésre. Az olasz nádból előállítható biometán mennyisége az időjárási és agronómiai tényezők, a biomassza hozam és a szárazanyag-tartalom függvényében változik (18. melléklet). SCHIEVANO et al. (2012) szerint az olasz nádból száraz anyagra vetítve kevesebb biogázt lehet előállítani, mint más hagyományos energianövényekből (kukorica, cirok, tritikálé stb.). Ennek ellenére a hektáronkénti magas biomassza hozamának köszönhetően fajlagos biometán termelése magasabb, mint más energianövényeké. Biomassza hozamtól függően átlagosan 9 200 Nm³ CH₄ állítható elő a növényből hektáronként (7 170-11 280 Nm³ CH₄) évi egyszeri betakarítás esetén. RAGAGLINI et al. (2014) kutatásaik szerint évi kétszeri betakarítással 20-35%-al növelhető az előállítható hektáronkénti metánhozam. Méréseik alapján egyszeri betakarítás esetén 9 580 Nm³ CH₄, kétszeri betakarítással 11 585-12 981 Nm³ CH₄ állítható elő hektáronként. Arra vonatkozóan, hogy az évenkénti kétszeri betakarítás milyen hatással van a növények következő évi biomassza hozamaira eddig nincsen elérhető információk, mivel a zöld biomassza évenkénti többszöri betakarítása a területről egy fokozott tápanyagkivonást eredményez. Az évenkénti magas hozam fokozatos fenntartása érdekében valószínűsíthető, hogy pótlólagos tápanyag utánpótlásra van szükség, amely az olasz nád termesztés termelési költségeit növeli (13. táblázat).

CORNO et al. (2014) hektáronkénti 19 440 Nm³ CH₄ hozamról számoltak be a 3. éves olasz nád ültetvény egyszeri betakarításából (október). Kísérleteik alapján kétszeri betakarítással ugyanazon évben 9 930 Nm³ CH₄ tudtak hektáronként előállítani, így megállapították, hogy az egyszeri, megfelelő időpontban történő betakarítás esetén sokkal több biogáz nyerhető. Az

Arundo Italia Ltd. saját mérései és kalkulációi alapján az olasz nádából 160 m³/tonna (100 száraz tonna/ha biomasszából), a kukoricából 220 m³/tonna (50 száraz tonna/ha biomasszából) biogáz állítható elő, azonban az olasz nád fajlagos biogáz hozama hektáronként (16 000 m³) másfélszer meghaladja a kukoricáét (11 000 m³). 15 éves termesztési ciklus esetén egységes fajlagos hozamra számítva az olasz nádából biogáz előállítása esetén a teljes közvetlen költség 11 850 Euro/ha, a kukoricáé 40 727 Euro/ha, így az olasz nád biogázként történő termesztésével, több mint harmad annyi költséggel lehet számolni (CORNO et al., 2014, 2015; I12) (13. táblázat). Bizonyos előkezelési eljárásoknak köszönhetően (pl.: gőz) növelni lehet a növényből előállítható biogáz mennyiségét. DI GIROLAMO et al. (2013) és ADANI et al. (2010) szerint az olasz nád esetében akár 12, illetve 60%-al növelhető a biogáz kihozatal az alkalmazott előkezelés hatására. A probléma a biogáz előállítása során a volatilis (lebegő) anyagok jelenléte (szilícium tartalmú vegyületek), amelyek az alapanyag emésztése során szilíciummá alakulnak át (MONTI et al., 2008; NASSI o DI NASSO et al., 2010) (13. táblázat).

Az olasz nád, mint lignocellulóz alapanyag a második generációs bioetanol előállítás potenciális nyersanyaga. Eltérően a magalapú (keményítő- vagy cukoralapú) felhasználástól a lignocellulóz alapanyagok feldolgozása sokkal komplexebb folyamat. Ezek alapján különböző biológiai (speciális gombák vagy baktériumok-törzsek), fizikai (aprítás vagy őrlés), mikrohullámú vagy kémiai (savak vagy lúgok) és fizikokémiai (gőzrobbantás) eljárásokat alkalmaznak (KOMOLWANICH et al., 2014; SCORDIA et al., 2011, DE BARI et al. 2013). Az olasz nád magas hektáronkénti hozamának és kémiai összetételének köszönhetően (1-2. melléklet) nagy mennyiségű bioetanol állítható elő. WILLIAMS et al. (2008) és JARADAT (2010) beszámolt hektáronkénti 11 000 liter bioetanol előállításáról hektáronkénti 45 száraz tonna biomassza hozammal kalkulálva. CORNO et al. (2014) publikációjában 12 690-15 228 liter/ha bioetanol előállításról számoltak be. Ezzel szemben QIN et al. (2011) hektáronként kínai nádból 8 812 liter (22,1 száraz tonna hozamból), vesszős kölesből 2 895 liter (7,3 száraz tonna hozamból) etanolt tudtak előállítani. Az egyik legjelentősebb bioetanol előállításra is alkalmas növényből, a kukoricából 3 232 liter/ha etanol hozamot állapítottak meg, a szemtermésből 1 588 liter (3,7 tonnából), a kukoricaszárból 1 644 liter (4,1 száraz tonna hozamból) nyerhető. A cukornádból hektáronként 5 000-6 000 liter etanol kihozattal lehet számolni (70 száraz tonna hozamból), amely a cukorrépa esetén hasonló, de hektáronként 30-40 tonna hozam esetén. A búzából átlagosan hektáronként 1 780 liter etanol nyerhető 4,25 száraz tonnából (ROSENBERGER et al., 2002; ADAMS et al., 2009; JANSSON et al., 2009; ALMODARES – HADI, 2009). Cirok esetén hektáronként 2 800 liter etanol kihozattal számolhatunk 35 száraz tonna hozam esetén (JANSSON et al., 2009). Látható, hogy az

olasznádból előállítható magas fajlagos etanol hozam átlagosan 20, akár 50%-al is meghaladja más bioetanol előállításra alkalmas növények etanol kihozatalát (13. táblázat).

Az olasz nád etanol kinyerésének hatásfoka az egyik legjobb gőzrobbantásos rendszerben 1 tonna alkohol 4 tonna szárazanyagból. Ezek alapján egy 20 száraz tonna/ha hozam esetén az olasz nádból hektáronként 5 tonna etanolt lehetne előállítani, ami szubtrópusi és trópusi termésátlagok mellett felmehet akár 10-12 tonnára is (40-45 száraz tonna/ha esetén). Ez csak a növény alaptípusára vonatkozó adat, feltételezhetően, ha majd a célzottan nemesített növények (megfelelő kémiai összetételű) bekerülnek a termelésbe a jövőben változásokat eredményezhetnek a bioetanol piacon (MÁRTON – FÁRI, 2011; FÁRI et al., 2014).

2013-ban a Mossi & Ghisolfi Group Észak-Olaszországban (Crescentino) második generációs 60 ezer tonna/év kapacitású demonstrációs cellulóz-etanol üzemét épített az EU FP7-es keretprogram támogatásából (FP7-239204) és számos konzorciumi partner közreműködésével (pl.: Biochemtex, WIP Renewable Energy, Novozymes, ENEA, Agroconsulting, Italian Bio Products stb.). Az üzem évente mintegy 270 000 száraz tonna biomassza felhasználásra képes és alapanyagként mezőgazdasági melléktermékeket és az üzem köré telepített biomassza növényeket használnak fel (kínai nád, vesszős köles, cirok és olasz nád). A projekt beszámolója alapján az üzem körül több mint 28 ha olasz nádat telepítettek, rizómás telepítéssel, PILU et al. (2013) hasonló módszerrel. A kifejlesztett, ún. PROESA bioetanol előállítás technológiával a cellulóz alapú bioetanol előállítás fő melléktermékének, a lignin hasznosítását is megoldották, amelyből villamos-energiát (13MW) állítanak elő. Gazdaságossági kalkulációik alapján az olasz nádból és a búza szalmájából történő bioetanol előállítás évenkénti teljes költsége tonnánként 500 Euro alatt van, míg a ciroké 600 Euro körül alakul 100 000 tonna/éves kapacitás mellett. A számítás tartalmazza az üzem befektetési és fenntartási költségeit, a biomassza előállításához és feldolgozásához szükséges költségeket, az üzemanyag és a villamos energiatermelés költségeit egyaránt. Leginkább perspektivikus alapanyag a búzaszalmán kívül az olasz nádat tekintették 5 tonna hektáronkénti etanol kihozatalának köszönhetően, amely évi 20 száraz tonna/ha átlagos biomassza hozammal értek el. Megállapították, hogy az általuk alkalmazott technológiával, az olasz nád termesztésével és abból történő bioetanol használatával csökkenthető leginkább az ÜHG kibocsátásának mértéke a vizsgált növényfajok esetében. Számításaik alapján az olasz nád bioüzemanyagként történő hasznosításával hektáronként átlagosan évi 8 tonna ÜHG-kibocsátás csökkentése érhető el (CHIARAMONTI et al., 2013) (13. táblázat).

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A disszertációm és az elvégzett több éves kutatómunkám alapján megállapítható, hogy az olasz nád termesztési-, ökológiai-, környezetvédelmi-, biológiai- és ökonómiai szempontokból egyaránt a perspektivikus bioipari növények egyike lehet a jövőben nem csak a világ, hanem Magyarország számára is. Számos szempontból, de nem teljeskörűen megfelel a jövő biomassza növényeivel szemben támasztott követelményeknek, így az 1. hipotézisem részben igazoltnak tekinthető.

Hazánkban eddig hatékony biotechnológiai módszerek és termesztési szaktudás hiányában nem volt lehetőség az olasz nád nagyüzemi termesztésére, nem állt rendelkezésre olcsó, ipari méreteket kiszolgáló és hazai klímához adaptálódott szaporítóanyag. Az olasz nád termesztésével foglalkozó tudományos publikációk alapján az egyik legnagyobb költséget a szaporítóanyag ára teszi. Az eddigi olasz nád termesztési kezdeményezések leginkább a rizómák vagy a szárdugványok költséges, és nem hatékony darabolásával végezték el, amelynek önköltsége 0,5-1 Euro közötti. A különböző *in vitro* biotechnológiai úton történő szaporítási technológiák egyik nagy előnye, hogy vírusmentes, az év bármely szakaszára időzíthető, ipari méreteket is kiszolgáló, egyöntetű szaporítóanyag állítható elő. A szomatikus palánta-előállítás technológiának köszönhetően személyenként mintegy 340 000 db akklimatizálásra alkalmas csomós palántát lehet évente előállítani, amely jóval meghaladja egy hagyományos mikroszaporító laboratórium éves munkaerőre vetített kapacitását. A különböző mikroszaporítási módszerek fejlesztésével olaszországi szakemberek tovább tudták csökkenteni az szaporítóanyag költségét (0,385 Euro), amelyet az általam vizsgált biotechnológiai szaporítási módszer alkalmazásával több, mint felére, akár harmadéra is lehet csökkenteni, így a szaporítóanyag előállításának önköltségi ára 0,1 Euro alatti is lehet. Mindezek alapján, az új biotechnológiai módszerek alkalmazása (szomatikus embriogenezis) az olasz nád olcsóbb szaporítóanyag előállítását és termesztését eredményezi, amely alapján a 2. hipotézisem elfogadottnak tekinthető. Azonban a feldolgozóipar, a magasabb hozzáadott értékű termékek előállítására alapozott zöld kémiai ipar és a biofinomító üzemek hiányában még a szaporítóanyag költségének csökkenése nem elegendő a növény szélesebb körben történő elterjedéséhez.

A kutatásaim eredményeképpen elmondható, hogy az olasz nád termesztésében a legnagyobb termelési költségeket a hatékony biotechnológiai módszer alkalmazásával már nem a szaporítóanyag és az ültetéssel járó költségek (17,99%), hanem az évenkénti betakarítás (71,94%) jelenti. A növény hektáronkénti magas biomassza hozamáról ismert, azonban az 6 éves termesztési kísérleteim alapján megállapítható, hogy az olasz nád csak az első két évben

haladta meg többszörösen egy másik évelő, lágyszárú, rizómás növény, a kínai nád terméshozamát. A téli fagykár következtében a termesztés hatodik évében tudta újra meghaladni. Mindezek fényében az eddigi hazai szakirodalmi forrásokhoz képest ma már sokkal árnyaltabb kép alakítható ki e faj tudományos tényeken alapuló biomassza termesztési kutatásainknak megkezdésével. Mindezek alapján a 3. hipotézisemet nem tudtam alátámasztani a saját kísérleti termesztés adataira alapozva, mert voltak olyan termesztési évek, amikor a kínai nád meghaladta az olasz nád hektáronkénti becsült biomassza hozamait. Ezért fontosnak tartom az olasz nád esetében olyan kutatások folytatását, amely az éghajlatnak és területnek specifikus ökotípusok előállítását és felhasználását veszi figyelembe.

Az olasz nádval elért új kutatásaimat érdemes lenne azonban tovább folytatni, szélesebb szakmai kompetencia szemszögéből is megvizsgálni, nagyüzemi biomassza adatokra alapozott, naprakészebb módszerekkel és összehasonlító ökonómiai elemzésekkel kiegészíteni.

A jövő biomassza növényeit és azok termesztését tudományos alapossággal meg kell tervezni, feltételezhető, hogy napjaink „egyetlen jó út van” típusú szemlélete nem követhető. A hivatalosan javasolt bioipari célra termesztendő fajok-fajták száma kevés, nem lehet szintetikus adatok, kisszámú termelési adat, bizonytalanságról árulkodó „tudományos bizonyíték” alapján és nem megfelelő feldolgozóipar nélkül telepíteni és beruházni. A feldolgozott számos szakirodalmi adat alapján a 4. hipotézisemet elfogadottnak lehet tekinteni, amely szerint az olasz nád bioenergiaként vagy bioipari nyersanyagként (biogáz, bioetanol) történő hasznosítása más biomassza növényekhez képest pozitív értékeket mutatnak. Mindezek alapján a jövőben a hatékonyabb zöldenergia termelést és növényi biomassza alapú biofinomító ipart támogató programokban számos más növényfaj hasznosítása mellett helye lehet az olasz nádnek is.

Úgy tűnik ugyanakkor, hogy hazánk nem kerülheti ki egy komplexebb bioökonómia stratégia alapjainak kiépítését, egy országos léptékű, összehasonlító biomassza termelési K+F program megindítását. Ennek elmaradása a következő évtizedekre megbéníthatja a fejlődést, melynek az lesz a következménye, hogy az ambiciózus hazai biomassza cselekvési tervben és a nemzeti energiastratégiában előre jelzett vállalások nem fognak megvalósulni teljes egészében vagy nem lesznek fenntarthatók. Mindezeket más modern megújuló energiaforrások gyorsütemű fejlődése és terjedése természetesen befolyásolja, de a fosszilis energiahordozók szerepe meghatározó lesz a jövőben is.

AZ ÉRTEKEZÉS LEGFONTOSABB MEGÁLLAPÍTÁSAI, ÚJ ILLETVE ÚJSZERŰ EREDMÉNYEI

1. Magyarországon elsőként sikerült az olasz nád biológiai tulajdonságaival, a különböző szaporítóanyag előállítási technológiáival, hazai saját termesztési kísérletekkel és a növény hasznosítási lehetőségeivel kapcsolatos tudományos összefoglaló munkát elkészítenem.
2. A témakörben feldolgozott több száz szakirodalmi forrás alapján megállapítottam, hogy olasz nád bioipari nyersanyagként való termesztés gazdaságosságában szerepet játszó tényezők (pl.: a biomassa hozam, a termelési költségek, az értékesítési ár, a szállítási, a feldolgozási- és a tárolási költségek, a felvevőpiac megléte és közelsége stb.) közül az egyik kritikus pont a szaporítóanyag előállítása.
3. A bemutatott biotechnológiai úton történő olasz nád szaporítóanyag előállítási technológia alkalmazásával lehetőség van a szaporítóanyag előállítás költségeit csökkenteni. A rizómas szaporítóanyag (0,5 Euro) és a hagyományos mikroszaporításból származó palánta (0,385 Euro) költségeivel szemben a vizsgált technológiával akár 0,09 Euro önköltség mellett is állítható elő hazánkban szaporítóanyag. A nagy mennyiségben, jobb hatékonysággal előállítható, az év bármely szakaszára időzíthető, egyöntetű termékkel (palánta) versenyképesebben lehet megjelenni a piacon.
4. Debrecenben folytatott hat éves olasz nád termesztési kísérletekkel igazoltam, hogy a jövőben a termőhelyi és éghajlati viszonyoknak megfelelő fajtát/ökotípust célszerű előállítani és termesztetni. Ebben a nemesítő munkában a biotechnológiának az új sejt- és molekuláris biológiai eszközeit is célszerű felhasználni.
5. Debrecenben folytatott hat éves termesztési kísérletekkel igazoltam, hogy mészlepedékes, csernozjom feltöltésű talajon, öntözés és tápanyag utánpótlás nélkül az USA-ból származó ökotípus átlagosan 16,37 száraz tonna/ha/év, a magyarországi éghajlatról származó ökotípus 18,05 száraz tonna/ha/év biomasszát állított elő a három különböző térállás átlagában.

ÖSSZEFOGLALÁS

A növekvő népesség élelmiszer- és energiaigényeinek kielégítése alapvető kihívás, ezzel párhuzamosan fontos kérdés, hogy az egyre szűkösebben rendelkezésre álló termőföldön az élelmiszertermelés mellett milyen mértékben történjen a bioenergia termelése. Nemzetközi és hazai tanulmányok tucatjai a megújuló energiaforrások alkalmazása területén, fenntartható megoldások sorában kiemelt helyen említik a biomassza különböző célú hasznosítását. A szerves anyagok termelésének és felhasználását célzó gazdasági elemzések, azaz a bioökonómiai kutatások a biológiai és biotechnológiai tudományok fejlődésével egyre inkább előtérbe kerülnek. A kidolgozott környezetkímélő technológiákkal a mezőgazdaság nem csak hatékonyabb élelmiszertermelésre lett képes, hanem ma már a „zöldenergia” vagy a „zöldkémiai” ipar számára is képes nagyobb hozzáadott értékű termékeket előállítani.

A biomassza ellátási lánc első eleme a szaporítóanyag megfelelő kiválasztása, a világon a potenciálisan rendelkezésre álló, ún. dedikált biomassza növényeket magról vagy vegetatív úton (klónozással) szaporíthatóak. Az egyik ilyen, kizárólag vegetatív úton (tőosztás, szárdugványozás vagy biotechnológiai módszerek) szaporítható, ígéretes rizómás évelő növény az olasz nád (*Arundo donax* L.).

Az elmúlt évszázad végétől kezdve sokan a cellulóz-alapú biomassza-ipar egyik perspektivikus növényének tekintik. Kitüntetett szerepét elsősorban hektáronkénti magas biomassza hozamának, kedvező kémiai összetételének, talajokkal, nehézfémekkel, különböző szennyezőanyagokkal és éghajlati viszonyokkal szembeni kitűnő adaptációs képességének, alacsony energia-bevitelének és sokoldalú hasznosítási lehetőségének (biogáz-, bioetanol-, cellulóz- és papírgyártás, tüzelőanyag, hangszerkészítés, építőanyag, fitoremediációs-, dísz- és gyógynövény stb.) köszönheti.

A növény iránti fokozott érdeklődést mutatja, hogy a Google Scholar adatbázisában az olasznáddal foglalkozó közlemények száma meghaladta a 16 000 db-ot, amelyből mintegy 1420 db tudományos publikáció címében szerepel a növény tudományos neve („giant reed” – „*Arundo donax*”) (2018.08.18-i állapot). Számos nemzetközi és európai biomassza termeléssel és hasznosításával kapcsolatos K+F program egyik vizsgált növénye és számos szabadalmi bejelentés fő tárgya.

A disszertációmban bemutatott *kutatásaim céljait* az olasz nád biotechnológiai úton történő szaporítás kérdései köré csoportosítottam, az alábbiak szerint.

Az egyik fő célom volt a biotechnológiai (*in vitro*) úton előállított amerikai és magyar olasz nád ökotípusok energianövényként történő termesztésének bemutatása, növekedési sajátosságaik és biomassza hozamának vizsgálata a Debreceni Egyetem Jövő Növényei Biomassza Bemutató

Kertben kisparcellás kísérletekben. A termesztéstechnológia különböző elemeinek kutatása, a többéves olasz nád biomassza hozamok értékelése és összehasonlítása szakirodalmi forrásokban elérhető adatokkal és más energianövények biomassza termésadataival. A termésbiztonság vizsgálata, különös tekintettel az olasz nád ökotípusok télállóságára. Magyarországról származó, téli fagyoknak jobban ellenálló olasz nád ökotípusok hagyományos vegetatív és *in vitro* körülmények között végzett szaporítási technológiáinak kidolgozása és azok értékelése. A *másik fő célom* volt a biotechnológiai úton felnevelt olasz nád szaporítóanyag-előállításának és biomassza termelésének gazdasági elemzése. Az olasz nád különböző szaporítóanyag előállítási technológiák hatékonyságának összehasonlítása és azok értékelése. A leghatékonyabbnak vélt, nagyüzemi termelésre alkalmas szaporítóanyag-előállítási technológia költség-jövedelem viszonyainak értékelése, az olasz nád termesztésére javasolható különböző termesztéstechnológia elemek ismertetése az olasz nád várható termelés költségei függvényében. Az olasz nád szaporítóanyag előállításától kezdve a teljes termesztési folyamat költség-haszon elemzése, az olasz nád különböző hasznosítási lehetőségeinek és gazdaságossági kérdéseinek feltárása más biomassza növényekkel történő összehasonlításban. Továbbá a növény piaci bevezetését megelőző legfontosabb termesztéssel és hasznosítással kapcsolatos szempontok, a termesztés során felmerülő kritikus tényezők számbavétele.

A növény évenkénti biomasszáját számos tényező befolyásolja (mikroklíma, talaj, agrotechnika, betakarítási idő stb.) és a rendelkezésre álló források szinte kizárólag hazánknál melegebb klímájú országok termesztési adatainak mutatják be. A növény többéves átlagot tekintve évenként 23-39,4 száraz tonna/ha közötti biomassza hozamra képes, amely jóval meghaladja a hazai szakirodalmi adatokban található hozamokat.

Debrecenben 2010-2016 között elvégzett saját kisparcellás kísérletek alapján az olasz nád biomassza hozama mészlepedékes, csernozjom talajon, öntözés, tápanyag utánpótlás nélkül az első hat év átlagában az alábbiak szerint alakult. A melegebb éghajlati területről származó ökotípus 16,37 száraz tonna/ha, a magyarországi éghajlatról származó ökotípus 18,05 száraz tonna/ha biomasszát képes előállítani átlagosan évenként, tél végi betakarítással (3-4. mellékletben felsorolt időjárási viszonyok mellett). A betakarított biomassza nedvességtartalma magas volt, 40-45% között változott az évek során.

A növényt számos éghajlati övön lehet termesztetni, amelyet az elvégzett kísérletek és szakirodalmi adatok is alátámasztják, de a hideg korlátozó tényező lehet. Ezt alátámasztja a Debrecenben folytatott kísérletek is, ugyanis a 2012. évi téli mélynyugalmi fagy drasztikusan csökkentette az olasz nád állományok harmadik éves hozamát. Az amerikai ökotípus 56,82%-a, a magyar ökotípus 82,04%-a hajtott ki 2012-ben. A jövőben olyan új olasz nád fajtákat indokolt előállítani és szaporítani Magyarországon és a hasonló téli fagyokkal jellemezhető mérsékelt

éghajlatú régióban, amelyek a szélsőségesebb téli időjárást a korábbi időszakhoz képest jobban tűrik. Az elvégzett termesztési kísérleteim alapján összességében elmondható, hogy az olasz nád biomassza hozama az első két évben többszörösen meghaladta a kínai nád terméshozamát (sorrendben 8,08 és 33,14 száraz tonna/ha évente), a későbbi években a fagykár következtében csak a hatodik évre tudta újra a kínai nádat meghaladni. Ha a fagykár nem következett volna be, a megmaradt tövek biomasszája alapján olasz nád minden évben elérte és meghaladta volna a kínai nád termésadatait. Ezért fontosnak tartom az olasz nád esetében olyan kutatások folytatását, amely éghajlatnak és területnek specifikus ökotípusok előállítását és felhasználását is figyelembe veszi.

A 2012-2014 között a mérsékelt égövi téli fagyoknak jobban ellenálló különböző olasz nád ökotípusok felhasználásával sikerült egy olyan kombinált (*in vitro* és zölddugványozással) szaporítási rendszert kidolgozni, amely során 1 db *in vitro* hajtásból – 11-12 hónapos nevelés alatt – 400-450 db palánta/hajtás állítható elő. Az előállított olasz nád ökotípusok és a különböző levélszín változatok Debrecenben kerültek folyamatosan kiültetésre.

2012-2014 között végzett kutatásaim során vizsgált, leghatékonyabbnak vélt üzemi biotechnológiai úton történő olasz nád szaporítási technológia (MOP Biotech Kft., Nyíregyháza) az alábbiak szerint jellemezhető. A szaporítóanyag előállítás két fő szakaszból, a laboratóriumi (31 hét) és a palántanevelőkben (7-8 hét) történő fázisokból áll. A laboratóriumi szakaszban a hazai klimatikus viszonyoknak megfelelően 6 állandó dolgozó évente 2 millió csomós növényt képes előállítani egy 100 m² alapterületű laboratóriumban (1 millió növény/ciklus). A hatékonyság abból adódik, hogy a szomatikus embriókról származó csomós növényeket csipesszel könnyebben és gyorsabban szét lehet szedni, amellyel lecsökkenthető a növények passzállásával töltött idő. A technológiai elemek (táptalaj-összetétel, tenyésztőedények, nevelési mód és idő stb.) és a tenyésztés fizikai tényezőinek megfelelő megválasztásával egy nevelési ciklusban négyzetméterenként megközelítőleg 100 000 db akklimatizálásra alkalmas növényt is elő lehet állítani a növények felnevelésére szolgáló tenyésztőpolcokon.

Az összes termelési költség 25 527 191 Ft, ha az előállításához szükséges nagyértékű eszközöket (pl.: steril fülke, autokláv, gyöngysterilező) Kínából szerezzük be. Az anyag jellegű költségek 23,56%-ot tesznek ki, amelynek 32,80%-át a nagy értékű eszközök, a 12,81%-át a tenyésztőedények, a 37,95%-át a laboratóriumi műszerek és eszközök és a 16,51%-át a táptalajkomponensek alkotják. A személyi jellegű költségek 66,45%-ot, az egyéb közvetlen termelési költségek (bérleti díj, rezsiköltségek stb.) 8,70%-ot jelenteken a termelés során. Évi 2 millió db akklimatizálásra alkalmas, csomós olasz nád szaporítóanyag eladásával 37 412 809

Ft nettó jövedelem is érhető 31,47 Ft-os értékesítési ár esetén. A palánta közvetlen önköltségi ára 12,60 Ft/db, a termelés 146,56%-os költségarányos jövedelmezőségi rátával jellemezhető. A szántóföldi kiültetésre alkalmas, szálas palánták nevelési költségével (16 Ft/palánta) az összes termelési költség 2 millió szabadföldi kiültetésre alkalmas tápközeges palánta előállításánál összesen 57 677 191 Ft-ot jelent. A nevelési idő hosszát és jellegét a szabadföldi kiültetés ideje és az értékesítés ideje határozza meg. A laboratórium nevelés kezdetét a fóliasátorba való akklimatizálás idejének megválasztásához időzíteni Magyarországon.

A vizsgált időszakban 47,47 Ft/palánta áron (0,15 Euro) tudta a vizsgált cég értékesíteni a palántákat, amellyel 37 272 209 Ft-os nettó jövedelem realizálható, a költségarányos jövedelmezőség 64,62%-os értéke mellett. Olaszországban, Pescara székhelyű Arundo Italia nevű cég számol be 0,385 Euro-s saját *in vitro* úton történő technológiájukból származó palánta előállítás költségről, de részletes technológiai leírás, költség és jövedelmezőségi mutatók nem érhetőek el. A vizsgált technológia révén az olasz nád szaporítóanyag előállítás költségeit több mint felére (37,62 Ft – 0.12 Euro), akár harmadára (28,60 Ft – 0.09 Euro) is lehet csökkenteni egy megfelelő, hatékony biotechnológiai úton történő technológia alkalmazásával, amely a rizómás szaporítóanyag költségének (0,5 Euro) ötöde is lehet. A több éves kutató munka és a feldolgozott szakirodalmi adatok alapján kijelenthető, hogy az olasz nád termesztése nem csak Európa déli országaiban lehetséges, hanem Magyarország hőmérsékleti és fényviszonyai is alkalmasak az olasz nád termesztéséhez. A növény életciklusa az eddigi szakirodalmak alapján 20 évnél is többre tervezhető, ezen idő alatt a telepítés költségei, a szaporítóanyag ára és az évenkénti betakarítás jelenti a legnagyobb munkát és kiadásokat.

2012-2014 közötti időszak kalkulációi alapján a hazánkban telepített, az előzőekben ismertetett biotechnológiai úton előállított olasz nád üzemi ültetvények közvetlen termelési költsége 20 éves időtartamra 2 780 000 Ft tesz ki hektáronként. A 20 éves termesztés során a talajelőkészítés 1,19%-ot, a szaporítóanyag és a telepítés költségei 19,79%-ot, a gyomirtás 2,59%-ot, a tápanyagutánpótlás 4,50%-ot és a betakarítás, tárolás és a szállítás 71,94%-ot jelent. Ezek alapján a teljesen száraz olasz nád apríték közvetlen önköltségi ára 7 165 Ft-ra tervezhető tonnánként (26 Euro). Abban az esetben, ha az árbevétel 8000, 12 000, 16 000 Ft-os száraz tonnánkénti áron kalkuláljuk úgy a nettó jövedelem hektáronként 1 200-156 400 Ft-ot jelent. Azonban a jelenlegi alacsony energiaárak nem teszik lehetővé a növény gazdaságos termesztését hazánkban olasz nád apríték előállítása esetén. Azonban az olasz nád termesztésének a célja elsősorban magasabb hozzáadott értékű termékek előállítása.

Jelenleg a világon az olasz nád termesztése elsősorban biogáz és bioüzemanyag előállítás céljait szolgálja, a legkisebb értéket a közvetlen eltüzeléssel állítjuk elő, mert csak a növény energiatartalmát hasznosítjuk, az értékesebb kémiai vegyületeket elégetve. Azonban

energiatermelés szempontjából vizsgálva az olasz nád és a kínai nád előállításához hektáronként közel azonos, évenként megközelítőleg 13 GJ/ha energia-bevitelre van szükség, amely kevesebb, mint az egyéves növények termesztése esetén. Az olasz nád átlagosan 37,41 % (SD±4,71) cellulóz-, 27,19 % (SD±5,52) hemicellulóz-, 21,66 % (SD±2,42) lignin- és 4,04 % (SD±1,28) hamutartalommal rendelkezik, de a növény különböző részei (internódium, nádusz, levél) eltérő kémiai összetételt mutatnak.

Az olasz nádából száraz anyagra vetítve kevesebb biogázt lehet előállítani, mint más hagyományos energianövényekből (kukorica, cirok, tritikálé stb.). A hektáronkénti magas biomassza hozamnak köszönhetően azonban fajlagos biometán termelése magasabb, mint más energianövényeké. Biomassza hozamtól függően átlagosan 9 200 Nm³ CH₄ állítható elő a növényből hektáronként (7 170-11 280 Nm³ CH₄ ha⁻¹ évi egyszeri betakarítás esetén). Az Arundo Italia Ltd. (Olaszország) saját kalkulációi alapján az olasz nádából 160 m³/tonna (100 száraz tonna/ha biomasszából), a kukoricából 220 m³/tonna (50 száraz tonna/ha biomasszából) biogáz állítható elő, azonban az olasz nád fajlagos biogáz hozama hektáronként (16 000 m³) másfélszer meghaladja a kukoricáét (11 000 m³). 15 éves termesztési ciklus esetén egységes fajlagos hozamra számítva az olasz nád előállítás teljes közvetlen költsége 11 850 Euro/ha, a kukoricáé 40 727 Euro/ha, így az olasz nád biogázként történő termesztésével 3,44-szer kevesebb költséggel lehet számolni.

Az olasz nád, mint lignocellulóz alapanyag a második generációs bioetanol előállítás egyik potenciális nyersanyaga. Az olasz nád magas hektáronkénti hozamának (akár 45 száraz tonna/ha) és kémiai összetételének köszönhetően 11 000-15 288 liter/ha bioetanol előállításról számolnak be. Az olasz nádából előállítható magas fajlagos etanol hozam átlagosan 20, akár 50%-kal is meghaladja más bioetanol előállításra alkalmas növények (kínai nád, vesszős köles, kukorica, cukornád, cukorrépa, búza, cirok) etanol kihozatalát. 2013-ban a Mossi & Ghisolfi Group Észak-Olaszországban (Crescentino) második generációs 60 ezer tonna/év kapacitású demonstrációs cellulóz-etanol üzemét épített, alapanyagként mezőgazdasági melléktermékeket (szalma), kínai nádat, vesszős kölest, cirkot és olasz nádat használ fel bioetanol és villamosenergia előállítás céljából. Gazdaságossági kalkulációik alapján az olasz nádából és a búza szalmájából történő bioetanol előállítás évenkénti teljes költsége tonnánként 500 Euro alatt van, míg a ciroké 600 Euro körül alakul 100 000 tonna/éves kapacitás mellett. Leginkább perspektivikus alapanyagként a búzaszalmán kívül az olasz nádat tekintették 5 tonna hektáronkénti etanol kihozatalának köszönhetően, amely évi 20 száraz tonna/ha átlagos biomassza hozammal érték el. Az általuk alkalmazott olasz nádából történő ún. PROESA bioetanol előállítással az üvegházhatást okozó gázokat hektáronként átlagosan évi 8 tonnával lehet csökkenteni.

SUMMARY

Nowadays, one of the global challenges is to ensure the sustainable management of food and energy supply for growing population, furthermore other question is to what extent the area of biomass production in the decreasing agricultural lands in addition to food and feed production. According to numerous international and national literature, the biomass production is one of the most important and researched areas in the renewable energy resources industry. The world is already moving towards the bio-based society, due to the developments of biology and biotechnology sciences, in the research area of bioeconomy or bio-based economy, the economic analyses of production and utilization of green biomass is becoming more significant. Due to the developed environmentally friendly technologies, today's agriculture not only produce commodities more efficient ways, but it can be produced higher-value added products for 'green energy' and 'green chemistry' industries.

The first basic component of biomass supply chain is the feedstock production, the potential dedicated bioenergy species can be propagated by seeds or vegetative ways (cloning). One of the most promising perennial herbaceous rhizomatous grass is the giant reed (*Arundo donax* L.), it can be propagated by only vegetatively (division of rhizomes, stem cuttings or *in vitro* biotechnological methods).

Over the end of the previous century, it has been considered one of the most perspective bioenergy species in ligno-cellulose based industries, thanks to the high biomass yield per hectare, favourable chemical components, adaptability of different kind of soil and climate conditions, high energy balance of cultivation and numerous utilisation opportunities (combustion, bioethanol-, biogas-, biochemical-, paper-, viscose-, cellulose production, woodwind musical instruments, stakes for plants, fishing rod, construction materials, ornamental or aromatic species, etc.)

Intensity and time dimension of interesting about giant reed shows that in the Google Scholar database, the number of publications dealing with giant reed is over 16 000 of which approximately 1 420 publications have the scientific name of the plant ('giant reed' – 'Arundo donax') in their titles (Until 18.08.2018). Numerous international and European R&D program for production and utilisation of bioenergy species and patents were researching activities with giant reed.

My scientific researches focused on the aspects of the biotechnological propagation of giant reed, the main and specific aims of my dissertation are listed as follows.

One of my main research areas is the introduction of subtropical and continental adapted giant reed ecotype production derived from somatic embryos and analyses of growth characteristics

and biomass yield under small-scale plantation at the Experimental Garden of Future Biomass Crops at University of Debrecen. The researches of cultivation elements and harvesting, assessment of multiannual biomass yields compared with other potential energy plants and literature data. Crop safety test with prime attention to cold resistance of giant reed ecotypes. Development and assessment of propagation technologies (traditional vegetative and *in vitro* propagation) of giant reed ecotypes originated from Hungary with higher cold resistance.

Another main purpose of my researches is the economic and cost-benefit analysis of biotechnological propagule production, biomass production and utilization prospects of giant reed derived from somatic embryos. Comparison and assessment of efficiency of technologies in giant reed propagate production. Cost-benefit analysis of a new biotechnological propagule production that is deemed the most efficient and suitable for large-scale production. Introduction of elements in cultivation practices that are recommended for giant reed production in terms of expected production costs, cost-benefit analysis of giant reed production in Hungary. Several possibilities for the utilization of giant reed analysed by the evaluation of literature data (combustion, biogas and bioethanol production) compare to other biomass species. I classified the most important risk factors for the market launch and large-scale production and utilisation of giant reed according to different criteria.

The annual biomass yield of giant reed is affected by several factors (microclimate, soil, agronomic techniques, harvesting period and method and so forth) and the aggregate values of the available biomass yield of literature present countries with warmer climate and a longer growing season. Regarding multiannual yield, giant reed can produce a biomass yield of 23-39.4 dry tonnes/ha which is well above the yield reached on our field experiments in Debrecen (Hungary).

Based on my own field experiments, the estimated biomass yields of giant reed per hectare in small-scale field trials in calcareous chernozem soil without irrigation and fertilization in the first six years in Debrecen were the following. Giant reed ecotype from warmer climate can produce a biomass of 16.37 dry tonnes/ha, continental ecotype from Hungary can produce a biomass of 18.05 dry tonnes/ha annually under winter harvest time and different plant spacing (under the following weather conditions listed in *Annex 3-4*). The moisture content of the harvested biomass was high, ranging between 40-45% over the years.

Giant reed can produce in different geographical and production conditions, due to processed literature data can be determine the cold temperature might be a limiting factor. Our experiments carried out also confirmed that temperature below -20°C in February (2012) resulted in serious frost damages in the giant reed plantation. 56.82% of ecotype from warmer climate and 82.04% of ecotype from continental climate were sprouting after winter season in

2012. In the future, those giant reed types/varieties need to be produced and grown in Hungary and in regions with a temperate climate with similar winter frost conditions that better tolerate extreme winter.

Based on ongoing field experiment that I have been carrying out for years, it can be concluded that calculated in the first two years the biomass yield of giant reed significantly exceed the yields of miscanthus (8.08 and 33.14 dry tonnes/ha, respectively). Due to the frost damage, in the sixth cultivation year giant reed could achieve again the biomass yields of miscanthus. Without frost damage, giant reed would have produced more biomass than miscanthus every cultivation year based on dry matter of remaining clumps, so in the production of the giant reed needs to utilize climate-adapted varieties or ecotypes.

Between 2012 and 2014 could be developed a successful combined agamic propagation protocol (*in vitro* cutting micro- and macro-propagation methods) from the more winter-frost tolerant ecotypes of giant reed, which resulted that 400 to 450 plants can be produced from one *in vitro* shoot during 11 to 12 months of growth. The produced giant reed ecotypes and selected different kind of leaf-variants were planting in the Biomass Experimental Garden of University of Debrecen.

My main results in research area of assessment of one of the most effective large-scale biotechnological propagation method of giant reed (MOP Biotech Ltd., Nyíregyháza) between 2012 and 2014, were the followings. *In vitro* somatic seedling production is divided into 2 main phases: laboratory (31 weeks) and nursery phases (7-8 weeks). Under climatic conditions in Hungary, six permanent workers can produce 2 million knotty/cluster seedling plants/year in a laboratory of 100 m² in the laboratory phase (1 million/cycle). Approximately 95 000 plants per m² suitable for acclimatization can be produced in a laboratory cluster culture cycle by the appropriate choice of technological elements (culture medium composition, culture vessels, culturing method and time, etc.) and physical factors for propagation. The high efficiency is linked to the fact that knotty/cluster seedlings derived from somatic embryos can be more easily and quickly taken apart with tweezers, because the plants don't need to be chopped with scalpels or scissors reducing labour time of transferring cultures.

The total production cost for the production of 2 million plants per year is 25 527 191 HUF, if the high-value laboratory equipment (autoclave, sterile boxes, pearls-sterilizer) purchase from China. Material cost accounts for 23.56% of production of which 32.80% is high-value laboratory equipment, 12.81% is culture vessels, 37.95% is other laboratory instruments and equipment and 16.51% is culture medium components. Labour cost accounts for 66.45%, other direct production cost (rents, overhead costs, etc.) for 8.70% and other overhead cost accounts for 1.29% of 2 million plant production. A net profit of 37 412 809 HUF can be gained at the

sales price of 31.47 HUF by the sales of 2 million knotty/cluster giant reed seedlings, that are suitable for acclimatization. Direct cost of plant production is 12.60 HUF/plant and cost-benefit ratio of production is 146.56%.

With the direct cost price of individual somatic plantlet (16 HUF) suitable for establishment plantation, the total production cost for 2 million somatic plantlet per year was 57 197 191 HUF. The nursery time and method are depending on the plantation period and sales. Initiating of culturing in laboratory is recommended to adjust to the date of transplantation in the plastic tunnel in Hungary.

Under the investigated period, the private company sold the knotty/cluster seedlings and individual somatic plantlet in foreign market (Italy, Spain, China, etc.), net profit for plants sold at 47.47 HUF (0.15 EUR) was 37 752 209 HUF per year. Total production cost for 2 million somatic plantlet per year was 57 197 191 HUF. We have information from a company based in Pescara, Italy about the propagule cost of its plants from its own *in vitro* micropropagation technology was 0.35 EUR, but the detailed description of technology, cost and profitability indicators are unknown. By using the investigated somatic seedling technology may be reduced the propagule cost by the half (0.12 EUR – 37.62 HUF) and by the third (0.09 EUR – 28.60 HUF). It may be one-fifth of the cost of rhizomatous propagule (0.5 EUR).

Based on our researches of multiple years and processed literature data suggest that giant reed production is possible not only in the southern countries in Europe, but also in Hungary due to its temperature and light conditions. Based on literature obtained so far, the lifecycle of the plant may cover more than 20 years. During these period the cost of establishment, the price of propagule and the annual harvest with additional costs are the greatest expenses and operations. Based on calculations from 2012 to 2014, direct production cost for biotechnology-derived giant reed plantations is 2 780 000 HUF per hectare for the lifecycle of 20 years. The rates of costs during the lifecycle of 20 years are listed as follows: soil preparation (1.19%), costs for propagule and plantation (19.79%), weed control (2.59%), fertilization (4.50%), harvesting, storage and transportation (71.94%). The direct cost price of giant reed chops was 7 165 HUF/dry tonne/ha (26 EUR). Net profit per hectare was around 1 200-156 400 HUF depending on the revenue, which ranged from 8000 to 16 000 HUF. It is concluded that current low price of energy does not enable efficient production to combustion contributed also by the absence of the domestic processing industry, but the purposes of giant reed utilisation need to produce higher-value added products.

Currently, global giant reed production utilises as biogas and bioethanol production, in case of combustion can produce lower value, because utilise only the energy content, not the nutritional values and structural building blocks of the plants. From the energy production of plants, energy

input of cultivation of giant reed and miscanthus were close to equal per hectare (13 GJ), but lower than needs for annual agricultural crop production. Giant reed contained an average 37.41 % (SD±4,71) cellulose, 27.19 % (SD±5,52) hemicellulose, 21.66 % (SD±2,42) lignin and 4.04 % (SD±1,28) ash compounds, but the various segments of the plant (internodium, nodes and leaf) shows different chemical contents.

Giant reed has lower biogas productivity per dry matter than other traditional energy plants (corn, sorghum, triticale, etc.). Due to its high biomass production can be produced more biomethane per unit area than from other biomass plants. Depending on biomass yield can be produced an average 9 200 Nm³ CH₄ (between 7 170 and 11 280 Nm³ CH₄ production per hectare) in one harvested process per year.

Based on the calculation of Arundo Italia Ltd. (Italy), the unit biogas yield of giant reed (16 000 m³) is one and half times exceeds the corns' (11 000 m³), despite corn has higher biogas production per dry matter. Under 15 cultivation year, the total direct cost of giant reed production for biogas utilization is one third (11 850 EUR) than corn (40 727 EUR) per hectare, calculated 3.44 less times production cost for biogas utilisation.

Giant reed as a potential lignocellulose feedstock for second generation bioethanol production. Due to the high biomass yield (it can be 45 dry tonnes/ha) and chemical compounds, can be produced 11 000-15 000 litre/ha bioethanol based on literature data. In comparison with other bioethanol plants (cereals, sugar cane, miscanthus, sorghum, etc.), giant reed produced generally 20, even 50% higher bioethanol per hectare because of high biomass production and chemical components.

In 2013, Mossi & Ghisolfi Group (in Crescentino, Italy) was building a second generation bioethanol pilot plant with a capacity of 60 thousand tonnes per year, utilized agricultural residues, miscanthus, sorghum, switchgrass and giant reed to produce bioethanol and green electricity. Based on their economic profitability, the annual total cost of bioethanol production from giant reed or agricultural residues (wheat straw) is less than 500 EUR, which is cheaper than production from sorghum (600 EUR) in case of capacity of 100 000 tonnes material processing per year. Beside wheat straw, giant reed has been considered one of the most perspective feedstock due to 5 tonnes bioethanol per hectare with average 20 dry matter biomass yield from giant reed. Thanks to the developed Proesa technology, with cultivation of giant reed can reduce GHG emission with average 8 tonnes per hectare per year.

IRODALOMJEGYZÉK

1. Adams, J. M. – Gallagher, J. A. – Donnison, I. S. (2009): Fermentation study on *Saccharina latissima* for bioethanol production considering variable pre-treatments. *Journal of Applied Phycology*, 21 (5), pp. 569-574. doi:10.1007/s10811-008-9384-7
2. Adani, F. – Papa, G. – Schievano, A. – Cardinale, G. – D’Imporzano, G. – Tambone, F. (2010): Nanoscale structure of the cell wall protecting cellulose from enzyme attack. *Environmental Science and Technology*, 45 (3), pp. 1107-1113. doi: 10.1021/es1020263
3. Adelberg, J. – Fári, M. G. (2010): Applied physiology and practical bioreactors for plant propagation. *Propagation of Ornamental Plants*, 10 (4), pp. 205-219. ISSN 1311-9109
4. Ahmad, R. – Liow, P.-Sz. – Spencer, D. F. – Jasieniuk, M. (2008): Molecular evidence for a single genetic clone of invasive *Arundo donax* in the United States. *Aquatic Botany*, 88 (2), pp. 113-120. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquabot.2007.08.015>
5. Akahoshi, H. – Obataya, E. (2015): Effects of wet-dry cycling on the mechanical properties of *Arundo donax* L. used for the vibrating reed in woodwind instruments. *Wood Science and Technology*, 49 (6), pp. 1171-1183. doi:10.1007/s00226-015-0760-6
6. Almodares, A. – Hadi, M. R. (2009): Production of bioethanol from sweet sorghum: A review. *African Journal of Agricultural Research*, 4 (9), pp. 772-780. ISSN: 1991-637X
7. Alshaal, T. (2013): Remediation and Restoring Marginal Lands with Biotechnologically Propagated Giant Reed (*Arundo donax* L.). PhD disszertáció. Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, 109 p.
8. Alshaal, T. – Domokos-Szabolcsy, É. – Márton, L. – Czakó, M. – Kátai, J. – Balogh, P. – Elhawat, N. – El-Ramady, H. – Fári, M. (2013): Phytoremediation of bauxite-derived red mud by giant reed. *Environmental Chemistry Letters*, 11 (3), pp. 295-302. doi:10.1007/s10311-013-0406-6
9. Alshaal, T. – Domokos-Szabolcsy, É. – Márton, L. – Czakó, M. – Kátai, J. – Balogh, P. – Elhawat, N. – El-Ramady, H. – Geröcs, A. – Fári, M. (2014): Restoring soil ecosystems and biomass production of *Arundo donax* L. under microbial communities-depleted soil. *BioEnergy Research*, 7 (1), 268-278. doi:10.1007/s12155-013-9369-5
10. Alshaal, T. – Elhawat, N. – Domokos-Szabolcsy, É. – Kátai, J. – Márton, L. – Czakó, M. – El-Ramady, H. – Fári, M. G. (2015): Giant reed (*Arundo donax* L.): a green technology for clean environment. *Phytoremediation*, 1. pp. 3-20. Springer International Publishing, doi: 10.1007/978-3-319-10395-2_1
11. Al-Snafi, A. E. (2015): The constituents and biological effects of *Arundo donax* - A review. *International Journal of Phytopharmacy Research*, 6 (1), pp. 34-40. Print-ISSN 2229-7464
12. Altheimer, E. – Wolcott, M. P. (1998a): *Arundo donax* pulp, paper products, and particle board. EP1115942 A1 sz. EU szabadalom. <https://www.google.hu/patents/CA2339064C?cl=en&dq=Arundo+donax+pulp,+paper+products,+and+particle+board&hl=hu&sa=X&ved=0ahUK EwiZ18XC0sPPAhVHWywKHf41A3gQ6AEIHDAA>, letöltés dátuma: 2016.06.25.
13. Altheimer, E. – Wolcott, M. P. (1998b): Method for forming an *Arundo donax* paper product. US 6761798 B2 sz. USA szabadalom. <https://www.google.hu/patents/US6761798?dq=Method+for+forming+an+Arundo+donax+paper+product&hl=hu&sa=X&ved=0ahUKEwj8sLHw0sPPAhWEBywKHeMdDcoQ6AEIHDAA>, letöltés dátuma: 2016.06.25.
14. Altheimer, E. – Wolcott, M. P. (1998c): *Arundo donax* composite panel. US 2004/0216854 A1 sz. USA szabadalom. <https://www.google.hu/patents/US20040216854?dq=Arundo+donax+composite+panel.&hl=hu&sa=X&ved=0ahUKEwiD8qGo08PPAhXDiywKH TtjBpIQ6AEIHDAA>, letöltés dátuma: 2016.06.25.
15. Altheimer, E. – Jackson (2001): Total chlorine free bleaching of *Arundo donax* pulp. WO 2003000983 A1 sz. szabadalom. <https://www.google.hu/patents/WO2003000983A1?cl=en&dq=Total+chlorine+free+bleaching+of+Arundo+donax+pulp&hl=hu&sa=X&ved=0ahUKEwjE4ODa0sPPAhVBCSwKHQhrCVsQ6AEIHzAA>, letöltés dátuma: 2016.06.25.
16. Ambrose, R. F. – Rundel, P. W. (2007): Influence of Nutrient Loading on the Invasion of an Alien

- Plant Species, Giant Reed (*Arundo donax*), in Southern California Riparian Ecosystems. University of California Water Resources Center. <https://escholarship.org/uc/item/3qt3s5c4>
17. Angelini, L. G. – Ceccarini, L. – Bonari, E. (2005): Biomass yield and energy balance of giant reed (*Arundo donax* L.) cropped in central Italy as related to different management practices. *European Journal of Agronomy*, 22 (4), pp. 375-389. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2004.05.004>
 18. Angelini, L. G. – Ceccarini, L. – Nasso, N. – Bonari, E. (2009): Comparison of *Arundo donax* L. and *Miscanthus x giganteus* in a long-term field experiment in Central Italy: analysis of productive characteristics and energy balance. *Biomass and Bioenergy*, 33 (4), pp. 635-643. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2008.10.005>
 19. Anonymus (1940): Percről percre rovat. *Népszava*, Budapest, 1940. április 25, pp. 9.
 20. Antal G. (2009): *In vitro* tenyésztetek multifunkciós folyamatvezérlésének modellezése lágy szárú növényekkel. Szakdolgozat. Debreceni Egyetem, Mezőgazdaságtudományi Kar. 71 p.
 21. Antal G. (2011): *In vitro* tenyésztetek multifunkciós folyamatvezérlésének modellezése lágy szárú növényekkel. XXX. Jubileumi OTDK Agrártudományi Szekció, Növénygenetika és Növény Biotechnológiai Tagozat, Keszthely, 2011. április 6-8., pp. 220.
 22. Antal G. (2012): Kísérletek az *Arundo donax* L. bioenergetikai célú termesztésére Magyarországon. Diplomamunka. Debreceni Egyetem, Mezőgazdasági-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar. 67 p.
 23. Antal, G. – Márton, L. – Czakó, M. – Fári, M. G. (2012): Inherited frost tolerance of *Arundo donax* synplants in field test, Pannion Plant Biotechnology Workshops, Advances in Plant Breeding and Plant Biotechnology in Central Europe, 4-6th June, Debrecen, Hungary.
 24. Antal, G. – Fári, M. G. (2013): Spontaneous viviparia and nodal shoot formation after winter season in Giant Reed (*Arundo donax* L.), Conference, Proc. of the Conference on Plant Biotechnology for the Future Of Agriculture in the Central European Region, Plants for the Future, 30th September-2nd October, Cluj-Napoca, Romania.
 25. Antal G. – Domokos-Szabolcsy É. – Zsíros O. – Garab Gy. – Koroknai J. – Bukszár Sz. – Farkas Á. – Márton L. – Fári M.G. (2013): Az olasz nád (*Arundo donax* L.) szomatikus palánták spontán levélszín-változatai és fotoszintézisük. XIX. Növénynevelési Tudományos Nap 2013. március 7. Keszthely, ISBN 978-963-9639-50-8. pp.73.
 26. Antal G. – Kurucz E. – Domokosné Szabolcsy É. – Fári M. G. (2014a): Biogenerációs növények kutatása és a bioipari farmok. LVI. Georgikon Napok, Keszthely, 2014. október 2-3., pp. 15-24. ISBN 978-963-9639-59-1, http://napok.georgikon.hu/cikkadatbazisok/cat_view/3-cikkadatbazis/24-2014/35-i-szekcio-festetics-imre-emlekules
 27. Antal, G. – Kurucz, E. – Fári, M. G. (2014b): Requirements, results and problems of large scale *in vitro* biomass plant propagation. Proceedings of DENZERO International Conference, Vol. 2., 9-10th October, pp. 224-234. Debrecen, Hungary, ISBN: 978-963-473-736-0
 28. Antal, G. – Kurucz, E. – Fári, M. G. – Popp, J. (2014c): Tissue culture and agamic propagation of winter-frost tolerant ‘Longicaulis’ *Arundo donax* L. *Environmental Engineering and Management Journal*, 13 (11), pp. 2709-2715. http://omicron.ch.tuiasi.ro/EEMJ/pdfs/vol13/no11/Full/1_671_Antal_14.pdf
 29. Antal, G. – Kurucz, E. – Fári, M. G. (2015): Alternatives of bioenergy feedstock production based on promising new perennial rhizomatous grasses and herbaceous semishrub crops in Hungary. *International Review of Applied Sciences and Engineering*, 6 (1), pp. 41-46. doi: <http://dx.doi.org/10.1556/1848.2015.6.1.6>
 30. Antal G. (2018): Zöld növényi biomassza hasznosításának nemzetközi és hazai kilátásai, Global and domestic status and prospects of green biomass utilization. *Műszaki és Menedzsment Tudományi Közlemények, International Journal of Engineering and Management Sciences*. 3 (3), <http://ijems.lib.unideb.hu/file/9/5b374d43de8c7/szerzo/10.21791IJEMS.2018.3.8..pdf>, pp. 85-105.
 31. Antos L. – Kóródi J. – Salamon Ö. (1958): A hazai cellulóz- és papírttermelés hosszútávú fejlesztése. *Közgazdasági Szemle*, 8-9. szám, pp. 852-871.

32. Bacher, W. – Mix-Wagner, G. – Sauerbeck, G. – El-Bassam, N. (2001): Giant Reed Network. Improvement, productivity, biomass quality. Final Individual Progress Report FAIR-CT-96-2028. Participant, 2001, 9, FAL, pp. 1-79.
33. Balogh, E. – Herr, J. M – Czakó, M. – Márton, L. (2012): Defective development of male and female gametophytes in *Arundo donax* L. (POACEAE). *Biomass and Bioenergy*, 45, pp. 265-269. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.06.010>
34. Barreca, F. (2012): Use of giant reed *Arundo Donax* L. in rural constructions. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 14 (3), pp. 46-52. <http://cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/2076/1630>
35. Barta, Zs. – Reczey, K. – Zacchi, G. (2010): Techno-economic evaluation of stillage treatment with anaerobic digestion in a softwood-to-ethanol process. *Biotechnology for biofuels*, 3 (1), 21. doi: 10.1186/1754-6834-3-21
36. Bell, G. P. (1997): Ecology and management of *Arundo donax* and approaches to riparian habitat restoration in southern California. In: *Plant Invasions: Studies from North America and Europe*, Blackhuys Publishers, Leiden, The Netherlands. pp. 103-113.
37. Bentini, M. – Martelli, R. (2013): Prototype for the harvesting of cultivated herbaceous energy crops, an economic and technical evaluation. *Biomass and Bioenergy*, 57, pp. 229-237. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2013.07.008>
38. Bernez, I. – Aguiar, F. – Violle, C. – Ferreira, T. (2006): Invasive river plants from Portuguese floodplains: What can species attributes tell us? *Hydrobiologia*, 570 (1), pp. 3-9. doi: 10.1007/s10750-006-0155-7
39. Bezzi, G. – Monti, A. – Venturi, G. (2006): Colture da energia: tecniche di coltivazione e gestione economica. *Agricoltura*, 30, pp. 24-30.
40. Boose, A. – Holt, J. (1999): Environmental effects on asexual reproduction. *Weed Research*, 39, pp. 117-127. doi: 10.1046/j.1365-3180.1999.00129.x
41. Boulos, L.- F. – Ahmed, G.-E.-D. (2007): Grasses in ancient Egypt. *Kew Bulletin*, pp. 507-511. ISSN: 0075-5974
42. Brandsby, D. I. (2002): Method of propagating fibercane (*Arundo*). US 6 389 746 B1. sz. USA szabadalom. <https://www.google.hu/patents/US6389746?dq=US6389746+B1&hl=hu&sa=X&ved=0ahUKEwjAvZaUz8PPAhWL3SwKHUHWAc4Q6AEIHDA>, letöltés dátuma: 2016.06.25.
43. Bura, R. – Ewanick, S. (2011): Bioconversion of biomass to ethanol. WO 2013063478 A1 sz. szabadalom. <https://www.google.hu/patents/WO2013063478A1?cl=en&dq=Bioconversion+of+biomass+to+ethanol.&hl=hu&sa=X&ved=0ahUKEwiRq5nh98XPAhWK7BQKHSVzCb4Q6AEIGjAA>, letöltés dátuma: 2016.06.25.
44. Caparrós, S. – Ariza, J. – López, F. – Díaz, M. J. (2007): Optimizing cellulosic paper obtained from *Arundo donax* L. under hydrothermal treatment. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 13 (3), pp. 465-473. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.534.8114&rep=rep1&type=pdf>
45. Carneiro, P. – Jerónimo, A. – Silva, V. – Cartaxo, F. – Faria, P. (2016): Improving building technologies with a sustainable strategy. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 216, pp. 829-840. doi:10.1016/j.sbspro.2015.12.080
46. Carroll, J. T. – Volitin, N. (2009): Methods for vegetative propagation of grass plants. WO201119984 sz. szabadalom. <https://www.google.hu/patents/WO2011019984A2?cl=en&dq=Methods+for+vegetative+propagation+of+grass+plants&hl=hu&sa=X&ved=0ahUKEwjBhqrSzcPPAhWMDSwKHVvfBaMQ6AEILjAC>, letöltés dátuma: 2016.06.25.
47. Carroll, J. T. – Volitin, N. (2014): *Arundo* Plant Named ‘Nile Fiber’. US PP25,177 P3 sz. USA szabadalom. <https://www.google.hu/patents/USPP25177?dq=nile+fiber&hl=hu&sa=X&ved=0ahUKEwiUtfTpzsPPAhXJhywKHdyLCloQ6AEIGjAA>, letöltés dátuma: 2016.06.25.
48. Carver P. A. – Tiessen D. W. (2012): Plant propagation. CA 2876119 A1. számú Kanadai szabadalom. <https://www.google.hu/patents/CA2876119A1?cl=en&dq=CA+2876119+A1&hl>

=hu&sa=X&ved=0ahUKEwjlrMfDzsPPAhXGhywKHYkxD1gQ6AEIHDA&letöltés dátuma: 2016.06.25.

49. Cavallaro, V. – Tringali, S. – Patané, C. (2011): Large-scale *in vitro* propagation of giant reed (*Arundo donax* L.), a promising biomass species. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 86 (5), pp. 452-456. <http://dx.doi.org/10.1080/14620316.2011.11512787>
50. Cavallaro, V. – Patané, C. – Cosentino, S. L. – Di Silvestro, I. – Copani, V. (2014): Optimizing *in vitro* large scale production of giant reed (*Arundo donax* L.) by liquid medium culture. *Biomass and Bioenergy*, 69, pp. 21-27. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.07.004>
51. Ceotto, E. – Di Candilo, M. (2010): Shoot cuttings propagation of giant reed (*Arundo donax* L.) in water and moist soil: The path forward? *Biomass and Bioenergy*, 34 (11), 1614-1623. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2010.06.002>
52. Ceotto, E. – Castelli, F. – Moschella, A. – Diozzi, M. – Di Candilo, M. (2015): Cattle slurry fertilization to Giant Reed (*Arundo donax* L.): Biomass yield and nitrogen use efficiency. *BioEnergy Research*, 8 (3), pp. 1252-1262. doi:10.1007/s12155-015-9577-2
53. Ceres (2016): Annual Report 2015, Ceres Inc. (Agricultural Biotechnology Company), <http://investor.ceres.net/secfiling.cfm?filingid=1144204-15-67580&cik>, letöltés dátuma: 2016.06.04.
54. Chayid, M. A., – Ahmed, M. J. (2015): Amoxicillin adsorption on microwave prepared activated carbon from *Arundo donax* Linn: isotherms, kinetics, and thermodynamics studies. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 3 (3), pp. 1592-1601. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jece.2015.05.021>
55. Chiaramonti, D. – Giovanni, A. – Janssen, R. – Mergner, R. (2013): Lignocellulosic ethanol process and demonstration, Handbook, Part I. WIP Renewable Energies, Munich, Germany, ISBN 3-93338-32-9, 139 p.
56. Christou, M. – Mardikis, M. – Kyritsis, S. – Cosentino, S. – Jodice, R. – Vecchiet, M. – Gosse, G. (2001): Screening of *Arundo donax* L. populations in South Europe. *Biomass for Energy and Industry*, pp. 2048-2051. <http://www.cres.gr/kape/publications/biomass/doc%202.pdf>
57. Christou, M. – Mardikis, M. – Alexopoulou, E. – Cosentino, S. L. – Copani, V. – Sanzone, E. (2003): Environmental studies on *Arundo donax*. Paper presented at the Proceedings of the 8th International Conference on Environmental Science and Technology, Vol. B. https://www.researchgate.net/profile/Emanuele_Sanzone/publication/260299545_Environmental_Studies_on_Arundo_Donax/links/02e7e5310b26bd6c18000000.pdf
58. Christou, M. (2013): Giant reed (*Arundo donax* L.) agronomy and yields in Europe. Center for Renewable Energy Sources and Saving (CRESES), http://www.fibrafp7.net/Portals/0/01_Christou.pdf
59. Coffman, G. C. – Ambrose, R. F. – Rundel, P. W. (2010): Wildfire promotes dominance of invasive giant reed (*Arundo donax*) in riparian ecosystems. *Biological Invasions*, 12 (8), pp. 2723-2734. doi:10.1007/s10530-009-9677-z
60. COP21 (2016): Energy Matter, How COP21 can shift the energy sector onto a low-carbon path that supports economic growth and energy access, International Energy Agency, Ministerial Statement on Energy and Climate Change, 18 november 2015, <http://www.cop21.gouv.fr/en/les-mots-de-laccord/>
61. Corno, L. – Pilu, R. – Adani, F. (2014): *Arundo donax* L.: a non-food crop for bioenergy and bio-compound production. *Biotechnology Advances*, 32 (8), pp. 1535-1549. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biotechadv.2014.10.006>
62. Corno, L. – Pilu, R. – Tambone, F. – Scaglia, B. – Adani, F. (2015): New energy crop giant cane (*Arundo donax* L.) can substitute traditional energy crops increasing biogas yield and reducing costs. *Bioresource Technology*, 191, pp. 197-204. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2015.05.015>
63. Cosentino, S. L. – Copani, V. – D'Agosta, G. M. – Sanzone, E. – Mantineo, M. (2006): First results on evaluation of *Arundo donax* L. clones collected in Southern Italy. *Industrial Crops and Products*, 23 (2), pp. 212-222. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2005.06.004>

64. Cosentino, S. L. – Copani, V. – Patanè, C. – Mantineo, M. – D'Agosta, G. M. (2008): Agronomic, energetic and environmental aspects of biomass energy crops suitable for Italian environments. *Italian Journal of Agronomy*, 3 (2), pp. 81-96. doi: <http://dx.doi.org/10.4081/ija.2008.81>
65. Coulson, M. – Bridgwater, A. V. (2004): Fast pyrolysis of annually harvested crops for bioenergy applications. In *Proceedings of 2nd world conference on biomass*, vol. 1, pp. 1098-1101. https://www.researchgate.net/profile/Tony_Bridgwater/publication/237295695_Fast_pyrolysis_of_annually_harvested_crops_for_bioenergy_applications/links/551a6a220cf244e9a4586c37.pdf
66. Csete S. (2008a): Lágyszárú energianövények és felhasználásuk szilárd tüzelésű energetikai rendszerekben hazai és nemzetközi körkép. *Biomassza Konferencia Sopron*, 2008. március 5.
67. Csete S. (2008b): Lágyszárú energianövények és felhasználhatóságuk szilárd tüzelésű energetikai rendszerekben. II. *Bioenergia*, 3. évf. 3. szám. pp. 19-24.
68. Csete S. (2008c): Lágyszárú energianövények és felhasználhatóságuk szilárd tüzelésű energetikai rendszerekben. III. *Bioenergia*, 3. évf. 4. szám. pp. 34-40.
69. da Silva, R. M. L. – Hakamada, R. E. – Bazani, J. H. – Otto, M. S. G. – Stape, J. L. (2016): Fertilization response, light use, and growth efficiency in Eucalyptus plantations across soil and climate gradients in Brazil. *Forests*, 7 (6), 117. doi:10.3390/f7060117
70. Dahl, J. – Obernberger, I. (2004): Evaluation of the combustion characteristics of four perennial energy crops (*Arundo donax*, *Cynara cardunculus*, *Miscanthus x giganteus* and *Panicum virgatum*). 2nd World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, 10-14th May, Rome.
71. Dalton, S. J. (2013): Biotechnology of *Miscanthus*, In: *Biotechnology of Neglected and Underutilized Crops*, Jain, S. M. – Gupta, S. D. (eds). Springer Netherlands, pp. 243-294, doi. 10.1007/978-94-007-5500-0_11
72. Dan, Y. – Campbell, N. F. – Kekkonen, A. – Waller, M. (2013): Development of high throughput micropropagation systems for *Arundo donax*. In: *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, Springer, 49 (4), pp. 480. New York, USA
73. Dan, Y. – Kekkonen, A. (2014): Development of regeneration and mutagenesis systems for *Arundo donax*. In: *In-vitro Cellular & Developmental Biology-Animal*, Springer. 50, pp. 55. New York, USA
74. Danert, S. – Hanelt, P. – Helm, J. – Kruse, J. – Schultze-Motel, J. (1976): *Urania Növényvilág*, Magasabb rendű növények II. Fordította: Horászky A. Gondolat Kiadó, Budapest, pp. 392-393.
75. Danin, A. (2004): *Arundo (Gramineae)* in the Mediterranean reconsidered. *Willdenowia*, 34 (2), pp. 361-369.
76. De Bari, I. – Liuzzi, F. – Villone, A. – Braccio, G. (2013): Hydrolysis of concentrated suspensions of steam pretreated *Arundo donax*. *Applied Energy*, 102, pp. 179-189. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.05.051>
77. Dhir, S. – Knowles, K. – Pagan, C. L. – Mann, J. (2010): Optimization and transformation of *Arundo donax* L. using particle bombardment. *African Journal of Biotechnology*, 9 (39), pp. 6460-6469. ISSN: 1684-5315
78. Di Girolamo, G. – Grigatti, M. – Barbanti, L. – Angelidaki, I. (2013): Effects of hydrothermal pre-treatments on Giant reed (*Arundo donax*) methane yield. *Bioresource technology*, 147, pp. 152-159. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2013.08.006>
79. Domokos-Szabolcsy, É. – Alladalla, N. A. – Alshaal, T. – Sztrik, A. – Márton, L. – El-Ramady, H. (2014): *In vitro* comparative study of two *Arundo donax* L. ecotypes' selenium tolerance. *International Journal of Horticultural Science*, 20 (3-4), pp. 119-122.
80. Dragoni, F. – Nasso, N. – Tozzini, C. – Bonari, E. – Ragaglini, G. (2015): Aboveground yield and biomass quality of giant reed (*Arundo donax* L.) as affected by harvest time and frequency. *BioEnergy Research*, 8 (3), pp. 1321-1331. doi:10.1007/s12155-015-9598-x
81. Dragoni, F. – Nasso, N. – Tozzini, C. – Bonari, Enrico – Ragaglini, G. (2016): Nutrient concentrations and uptakes in Giant Reed (*Arundo donax* L.) as affected by harvest time and frequency. *BioEnergy Research*, 9 (2), pp. 671-681. doi:10.1007/s12155-015-9711-1

82. Ducos, J. P. – Labbe, G. – Lambot, C. – Pétiard, V. (2007): Pilot scale process for the production of pre-germinated somatic embryos of selected robusta (*Coffea canephora*) clones. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 43 (6), pp. 652-659. doi:10.1007/s11627-007-9075-0
83. Dudley, T. L. (2000): *Arundo donax* L. Invasive plants of California's wildlands, pp. 53-58.
84. e Silva, C. F. L. – Schirmer, M. A. – Maeda, R. N. – Barcelos, C. A. – Pereira, N. (2015): Potential of giant reed (*Arundo donax* L.) for second generation ethanol production. *Electronic Journal of Biotechnology*, 18 (1), pp. 10-15. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejbt.2014.11.002>
85. Ekman, A. – Wallberg, O. – Joelsson, E. – Börjesson, P. (2013): Possibilities for sustainable biorefineries based on agricultural residues—a case study of potential straw-based ethanol production in Sweden. *Applied Energy*, 102, pp. 299-308. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.07.016>
86. El Bassam, N. (1996): Renewable Energy: Potencial energy crops for Europe and the Mediterranean region. Giant reed, *Miscanthus* (*Miscanthus* spp.) Reu Technical Series 46. Federal Agricultural Research Centre (FAL), Braunschweig, Germany. Food and Agriculture Organisation of the United Nations. Rome, pp. 67-72, 87-94.
87. El-Bassam, N. – Dalianis, C. D. (2010): Giant reed (*Arundo donax* L.). Bioenergy crops: a development guide and species reference, 1st ed. Earthscan publishing for a Sustainable Future, London, pp. 193-199.
88. Elhawat, N. – Alshaal, T. – Kratz, S. – Domokos-Szabolcsy, É. – El-Ramady, H. – Prokisch, J. – Eszenyi, P. – Sztrik, A. – Babka, B. – Fári, M. (2013a): Ecotoxicology of copper in horticultural soils: a review. *International Journal of Horticultural Sciences*, 1-2. pp. 7-18.
89. Elhawat, N. – Domokos-Szabolcsy É. – Alshaal, T. – Molnár M – Antal G. – Márton L. – Fári M. G. (2013b): Szomatikus embrió eredetű olasz nád (*Arundo donax* L.) klaszterek *in vitro* sótűrése két ökotípus összehasonlításával, XIX. Növénynevelési Tudományos Napok, 2013. március 7, Keszthely, pp. 38.
90. Elhawat, N. – Alshaal, T. – Domokos-Szabolcsy, É. – El-Ramady, H. – Márton, L. – Czakó, M. – Kátai, J. – Balogh, P. – Sztrik, A. – Molnár, M. (2014): Phytoaccumulation potentials of two biotechnologically propagated ecotypes of *Arundo donax* in copper-contaminated synthetic wastewater. *Environmental Science and Pollution Research*, 21 (12), pp. 7773-7780. doi:10.1007/s11356-014-2736-8
91. Elhawat, N. – Alshaal, T. – Domokos-Szabolcsy, É. – El-Ramady, H. – Antal, G. – Márton, L. – Czakó, M. – Balogh, P. – Fári, M. (2015): Copper uptake efficiency and its distribution within bioenergy grass giant reed. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 95 (4), pp. 452-458. doi:10.1007/s00128-015-1622-5
92. El-Ramady, H. R. – Abdalla, N. – Alshaal, T. – Fári, M. – Prokisch, J. – Pilon-Smits, E. A. H. – Domokos-Szabolcsy, É. (2015a): Selenium phytoremediation by giant reed. *Hydrogen Production and Remediation of Carbon and Pollutants*, pp. 133-198. Springer.
93. El-Ramady, H. – Abdalla, N. – Alshaal, T. – El-Henawy, A. – Salah, E-D. A. F. – Shams, M. S. – Shalaby, T. – Bayoumi, Y. – Elhawat, N. – Shehata, S. (2015b): Selenium and its role in higher plants. *Pollutants in Buildings, Water and Living Organisms*, pp. 235-296. Springer. Print ISBN: 978-3-319-19275-8
94. Ereky K. (1925): A zöldségtakarmánymalom és a nagy istállóüzemek. Athenaeum Irodalmi és Nyomdai Részvény-Társulat, Budapest, 83 p.
95. European Commission (2012): Innovating for Sustainable Growth: A Bioeconomy for Europe; COM (2012) final, European Commission (EC), Brussels, Belgium
96. European Commission (2014): A Bizottság közleménye az Európai Parlamentnek, a Tanácsnak, az Európai Gazdasági és Szociális Bizottságnak és a Régiók Bizottságának, Éghajlat- és energiapolitikai keret a 2020–2030-as időszakra. <http://www.ipex.eu/IPEXL-WEB/dossier/document/COM20140015.do>, 22 p. letöltés dátuma: 2018.08.17.
97. European Commission (2017): Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the promotion of the use of energy from renewable sources, This document corrects document COM (2016) 767 final of 30.11.2016, <http://eur-lex.europa.eu/legal->

content/EN/TXT/?uri=CELEX:52016PC0767R%2801%29.

98. European Environment Agency (2016): Renewable energy in Europe 2016 - Recent growth and knock-on effects. European Environment Agency (EEA) Report, 4/2016, www.eea.europa.eu/publications/renewable-energy-in-europe-2016/at_download/file, ISSN 1977-8449, letöltés dátuma: 2016.03.25.
99. European Environment Agency (2017): Renewable energy in Europe – 2017, Recent growth and knock-on effects, European Environment Agency (EEA) Report, 23/2017, <https://www.eea.europa.eu/publications/renewable-energy-in-europe-2017>, letöltés dátuma: 2018.06.25.
100. European Parliament (2009): Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC.
101. European Parliament (2015): Directive (EU) 2015/1513 of the European Parliament and of the Council of 9 September 2015 amending Directive 98/70/EC relating to the quality of petrol and diesel fuels and amending Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources.
102. EUROSTAT (2018): Share of renewable energy in gross final energy consumption. European Commission, http://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/t2020_31&lang=en, letöltés dátuma: 2018.02.25.
103. F. ZS. (1941): Korszakos ötlethez segíti tudományt a levéltetű. Népszava, 1941. július 24. pp. 4.
104. Fagnano, M. – Impagliazzo, A. – Mori, M. – Fiorentino, N. (2015): Agronomic and environmental impacts of Giant Reed (*Arundo donax* L.): Results from a long-term field experiment in hilly areas subject to soil erosion. *BioEnergy Research*, 8 (1), pp. 415-422. doi:10.1007/s12155-014-9532-7
105. Fári M. G. – Antal G. – Kurucz E. – Domokosné Szabolcsy É. (2014): Biogenerációs növények kutatása a Debreceni Egyetemen és a magyar agrár-biotechnológiai innováció néhány kitörési pontja. In: Fenntartható energetika megújuló energiaforrások optimalizált integrálásával (DEnzero). Akadémiai Kiadó, ISBN: 978 963 05 9540 7, 7. fejezet, pp. 237-268.
106. Fári M. G. – Kralovánszky U. P.[†] – Popp J. (szerk.), Fári M. G. – Kralovánszky U. P.[†] – Harangi-Rákos M. – Pető K. – Szakály Z. – Csíder I. – Antal G. – Kurucz E. – Bradács Zs. – Domokosné Szabolcsy É. – Popp J. (2015): BIOTECHNOLÓGIA-ANNO 1917-1919, Ereky Károly víziója az élettudomány alkalmazásáról. Szaktudás Kiadó Ház, 262 p. ISBN 978-615-5224-65-2
107. Fári M. G. – Popp J. (szerk.), Molnár M. – Fári M. G. – Antal G. – Domokosné Szabolcsy É. – Harangi-Rákos M. – Kurucz E. – Kralovánszky U. P.[†] – Lisztes-Szabó Zs. – Pető K. – Szakály Z. – Veres Sz. – Popp J. (2016): BIOTECHNOLÓGIA-ANNO 1920-1938, Ereky Károly programja a fehérjeprobléma megoldásáról és napjaink feladatai. 436 p. Szaktudás Kiadó Ház, ISBN: 978-615-5224-67-6
108. Farkas Á. (2012): Palántanevelési technológiák kutatása szomatikus embriogenezis útján előállított *Arundo donax* L. (SYN-AR) példáján, Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság- Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Szakdolgozat, 49 p.
109. Ferdinands, K. – Virtue, J. – Johnson, S. B. – Setterfield, S. A. (2011): ‘Bio-insecurities’: managing demand for potentially invasive plants in the bioeconomy. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 3 (1), pp. 43-49. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cosust.2011.01.002>
110. Fernandes, M. R. – Aguiar, F. C. – Silva, J. M. N. – Ferreira, M. T. – Pereira, J. M. C. (2013): Spectral discrimination of giant reed (*Arundo donax* L.): A seasonal study in riparian areas. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 80, pp. 80-90.
111. Fiala, M. (2009): Biomasse erbacee poliennali adatte alla combustione. *L'Informatore Agrario*, 30, pp. 50-53. https://air.unimi.it/retrieve/handle/2434/44134/124876/%28B_11_P%29_InformAgr_2009.pdf
112. Fiore, V. – Scalici, T. – Valenza, A. (2014): Characterization of a new natural fiber from *Arundo donax* L. as potential reinforcement of polymer composites. *Carbohydrate Polymers*, 106, pp. 77-83. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.02.016>
113. Flores-Yepes, J. A. – Pastor-Perez, J. J. – Martinez-Gabarron, A. – Gimeno-Blanes, F. J. –

- Rodríguez-Guisado, I. – Frutos, M. J. (2011): *Arundo donax* chipboard based on urea-formaldehyde resin using under 4mm particles size meets the standard criteria for indoor use. *Industrial Crops and Products*, 34 (3), pp. 1538-1542. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.05.011>
114. Flores-Yepes, J. A. – Pastor-Perez, J. J. – Gimeno-Blanes, F. J. – Rodriguez-Guisado, I. – Frutos-Fernandez, M. J. (2012): Full recovery of *Arundo donax* particleboard from swelling test without waterproofing additives. *BioResources*, 7 (4), pp. 5222-5235.
115. Fogarassy Cs. (2001): *Energianövények a szántóföldön*. Szent István Egyetem Gazdaság- és Társadalomtudományi Kar, Agrár- és Regionális Gazdasági Intézet, Európai Tanulmányok Központja, pp. 1-144.
116. Frandsen, P. R. (1997): *Team Arundo: interagency cooperation to control giant cane (Arundo donax)*. In: James OL and Thiert JW. *Assessment and management of plant invasions* Springer. New York, USA, pp. 244-248.
117. Francisco, L. – Juan-Carlos, G. – Antonio, P. – M Javier, F. – Minerva, A. M. – Gil, G. (2010): Chemical and energetic characterization of species with a high-biomass production: Fractionation of their components. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 29 (4), pp. 499-509. doi:10.1002/ep.10429
118. Fu, K. – Yue, Q. – Gao, B. – Sun, Y. – Wang, Y. – Li, Q. – Zhao, P. – Chen, S. (2014): Physicochemical and adsorptive properties of activated carbons from *Arundo donax* Linn utilizing different iron salts as activating agents. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 45(6), pp. 3007-3015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtice.2014.08.026>
119. Gabarrón, A. M. – Yepes, J. A. F. – Pérez, J. J. P. – Serna, J. M. B. – Arnold, L. C. – Medrano, F. J. S. (2014): Increase of the flexural strength of construction elements made with plaster (calcium sulfate dihydrate) and common reed (*Arundo donax* L.). *Construction and Building Materials*, 66, pp. 436-441. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.05.083>
120. García-Ortuño, T. – Ferrández-García, M. T. – Andreu-Rodríguez, J. – García, C. E. F. – Ferrández-Villena, M. (2012): Thermal conductivity of environmentally friendly particleboards from *Arundo donax* bonded with different starches. *Structures and Environmental Technologies*. International Conference of Agricultural Engineering-CIGR-AgEng, 8-12th July, Valencia, Spain
121. García, C. E. F. – Ferrández-Villena, M. – Cuartero, J. – García-Ortuño, T. – Ferrández-García, M. T. – Andreu-Rodríguez, J. (2014): *Manufacture and Properties of Three-Layered Low Density Particleboard from Giant Reed*. https://www.researchgate.net/publication/265005108_Manufacture_and_Properties_of_Three-Layered_Low_Density_Particleboard_from_Giant_Reed
122. Giessow, J. – Casanova, J. – Leclerc, R. – MacArthur, R. – Fleming, G. – Giessow, J. (2011): *Arundo donax* (giant reed): Distribution and Impact Report. State Water Resources Control Board California Invasive Plant Council (Cal-IPC): California, CA, USA, pp. 1-240.
123. Giudicianni, P. – Cardone, G. – Sorrentino, G. – Ragucci, R. (2014): Hemicellulose, cellulose and lignin interactions on *Arundo donax* steam assisted pyrolysis. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 110, pp. 138-146. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaap.2014.08.014>
124. Goolsby, J. A. – Moran, P. (2009): Host range of *Tetramesa romana* Walker (*Hymenoptera: Eurytomidae*), a potential biological control of giant reed, *Arundo donax* L. in North America. *Biological Control*, 49 (2), pp. 160-168. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.01.019>
125. Grau, J. – Kliehn, B. – Kremer, B. P. – Rambold, G. – Schlehuf, A. (1998): *A füvek. Günter Stainbach sorozata, Dr. Horánszky András fordítása*. Magyar könyvklub: Természetkalauz: ISBN 963 548 620 0. pp. 156.
126. Gubišová, M. – Čičková, M. – Klčová, L. – Gubiš, J. (2016): *In vitro* tillering-an effective way to multiply high-biomass plant *Arundo donax*. *Industrial Crops and Products*, 81, pp. 123-128. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.11.080>
127. Gyulai I. (2011): *Biomassza dilemma*, 4. átdolgozott kiadás. Budapest, MTVSZ. 116 p.
128. Hardion, L. – Verlaque, R. – Baumel, A. – Juin, M. – Vila, B. (2012): Revised systematics of Mediterranean *Arundo* (*Poaceae*) based on AFLP fingerprints and morphology. *Taxon*, 61 (6), pp. 1217-1226.

129. Hawkins, B. A. – Altheimer, B. H. (2006): Methods, compositions and systems related to ethanol manufactured from the grass *Arundo donax*. WO 2008063512 A2 sz. szabadalom. <https://www.google.hu/patents/WO2008063512A2?cl=en&dq=Methods,+compositions+and+syst+ems+related+to+ethanol+manufactured+from+the+grass+Arundo+donax&hl=hu&sa=X&ved=0ahUKEwiF0I3o9sXPAhVK7xQKHe8IBaEQ6AEIJTAB>, letöltés dátuma: 2016.06.25.
130. Hawkins, B. A. – Altheimer, B. H. (2010): Methods, compositions and systems related to ethanol manufactured from the grass *Arundo donax*. US 2010/0191022 A1 sz. USA szabadalom. <https://www.google.hu/patents/US20100191022?dq=Methods,+compositions+and+systems+related+to+ethanol+manufactured+from+the+grass+Arundo+donax&hl=hu&sa=X&ved=0ahUKEwiF0I3o9sXPAhVK7xQKHe8IBaEQ6AEIHDA>, letöltés dátuma: 2016.06.25.
131. Herrera, A. M. – Dudley, T. L. (2003): Reduction of riparian arthropod abundance and diversity as a consequence of giant reed (*Arundo donax*) invasion. *Biological Invasions*, 5 (3), pp. 167-177. doi:10.1023/A:1026190115521
132. Herrera-Alamillo, M. Á. – Robert, M. L. (2012): Liquid *in-vitro* culture for the propagation of *Arundo donax*, In: *Plant Cell Culture Protocols, Methods in Molecular Biology*, 877, Loyola-Vargas V. M., Ochoa-Alejo N. (eds.), pp. 153-160.
133. Hess, J. R. – Lamers, P. – Stichnothe, H. – Beermann, M. – Jungmeier G. (2016): Bioeconomy strategies. In: *Developing the Global Bioeconomy: Technical, Market, and Environmental Lessons from Bioenergy*. Lamers, P. – Searcy, E. – Hess, J. R. – Stichnothe, H. (Eds.). Academic Press, Elsevier. ISBN: 978-0-12-805165-8., pp. 1-11.
134. Hidalgo, M. – Fernandez, J. (2001): Biomass production of ten populations of giant reed (*Arundo donax* L.) under the environmental conditions of Madrid (Spain). *Biomass for energy and industry. Proceeding of the First World Conference*, Sevilla, Spain
135. Hollendonner F. (1905): Az olasz nád (*Arundo donax* L.), *Kert*, 53. évf., 10. füzet, pp. 170-173.
136. Hong, Y. – Hu, H. Y. – Sakoda, A. – Sagehashi, M. (2011): Straw preservation effects of *Arundo donax* L. on its allelopathic activity to toxic and bloom-forming *Microcystis aeruginosa*. *Water Science and Technology*, 63 (8), pp. 1566-1573. doi:10.2166/wst.2011.209
137. Hoshovsky, M. (1987): *Arundo donax*. *Element Stewardship Abstract*. The Nature Conservancy, San Francisco, CA. 10 p.
138. Iannace, G. – Maffei, L. – Trematerra, P. (2012): On the use of “green materials” for the acoustic correction of classrooms. *European Acoustics Association, EURONOISE 2012 10–13th June*, Prague, pp. 89-94. ISBN 978-80-01-05013-2
139. Ingwell, L. L. – Zemetra, R. – Mallory-Smith, C. – Bosque-Perez, N. A. (2014): *Arundo donax* infection with Barley yellow dwarf virus has implications for biofuel production and non-managed habitats. *Biomass and bioenergy*, 66, pp. 426-433. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.03.043>
140. *Invasive Plant Risk Assessment (2016): Invasive plant risk assessment: Giant reed Arundo donax*. https://www.daf.qld.gov.au/__data/assets/pdf_file/0006/59973/IPA-Giant-Reed-Risk-Assessment.pdf., letöltés dátuma: 2016.06.25.
141. Ismail, Z. Z. – Jaeel, A. J. (2014): A novel use of undesirable wild giant reed biomass to replace aggregate in concrete. *Construction and Building Materials*, 67, pp. 68-73. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.11.064>
142. Jánosházy I. (1940): Mezőgazdasági cellulózgyártás kukoricaszárból és textilműrost ellátásunk. *A Magyar Mérnök- És Építész-Egylet Közlönye*, LXXIV. kötet, 29-30. szám, Budapest, 1940. július 21., pp. 143-147.
143. Jansson, C. – Westerbergh, A. – Zhang, J. – Hu, X. – Sun, C. (2009): Cassava, a potential biofuel crop in (the) People’s Republic of China. *Applied Energy*, 86 (1), S95-S99. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.05.011>
144. Jaradat, A. A. (2010): Genetic resources of energy crops: Biological systems to combat climate change. *Australian Journal of Crop Science*, 4 (5), pp. 309-323.
145. Jécsai L. (szerk.) (1938): Tarkalevelű disznád, *Kertészet*, XII. évf., pp. 199.
146. Kaur, A. – Singh, J. – Kamboj, S. S. – Sexana, A. K. – Shamugavel, M. (2005): Isolation of an N-

- acetyl-D-glucosamine specific lectin from the rhizomes of *Arundo donax* with antiproliferative activity. *Phytochemistry*, 66 (16), pp. 1933-1940. <http://dx.doi.org/10.1016/j.phytochem.2005.06.026>
147. Khudamrongsawat, J. – Tayyar, R. – Holt, J. S. (2004): Genetic diversity of giant reed (*Arundo donax*) in the Santa Ana River, California. *Weed Science*, 52 (3), pp. 395-405.
 148. Khuzhaev, V. U. – Zhalolov, I. Zh. – Levkovich, M. G. – Aripova, S. F. – Shashkov, A. S. (2004): *Alkaloids of Arundo donax* L. *Russian Chemical Bulletin*, 53 (8), pp. 1765-1767. doi:10.1007/s11172-005-0033-x
 149. Kirk, A. A. – Widmer, T. – Campobasso, G. – Carruthers, R. A. – Dudley, T. (2003): The potential contribution of natural enemies from Mediterranean Europe to the management of the invasive weed *Arundo donax* (Graminae: Arundinae) in the USA. *Proceedings of the California Invasive Plant Council Symposium*.
 150. Knoll, J. E. – Anderson, W. F. – Strickland, T. C. – Hubbard, R. K. – Malik, R. (2012): Low-input production of biomass from perennial grasses in the coastal plain of Georgia, USA. *BioEnergy Research*, 5 (1), pp. 206-214. doi:10.1007/s12155-011-9122-x
 151. Komolwanich, T. – Tatijareern, P. – Prasertwasu, S. – Khumsupan, D. – Chaisuwan, T. – Luengnaruemitchai, A. – Wongkasemjit, S. (2014): Comparative potentiality of kans grass (*Saccharum spontaneum*) and giant reed (*Arundo donax*) as lignocellulosic feedstocks for the release of monomeric sugars by microwave/chemical pretreatment. *Cellulose*, 21 (3), pp. 1327-1340. doi:10.1007/s10570-013-0161-7
 152. Kóródi J. (1959): A cellulóz- és papíripar gazdaságföldrajzi problémái Hazánkban. Közlemény a Földrajzi Közleményekből, Budapest, Akadémiai Kiadó, pp. 45-62.
 153. Krickl, M. (1946): Zur Frage der Züchtung einer winterharten *Arundo donax* L. *TAG Theoretical and Applied Genetics*, 17 (3), pp. 67-69.
 154. KSH (2014): Környezeti helyzetkép 2013. Központi Statisztikai Hivatal, <https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/pdf/kornyhelyzetkep13.pdf>, letöltés dátuma: 2016.06.15.
 155. KSH (2018a): 3.8.1. Primer energiamérleg (1990-) [petajoule], Központi Statisztikai Hivatal http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_qe001.html, letöltés dátuma: 2018.08.17.
 156. KSH (2018b): 5.7.2. Alapenergia hordozók termelése hőértékben (2000-) [petajoule], Központi Statisztikai Hivatal, http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_ui010b.html, letöltés dátuma: 2018.08.17.
 157. KSH (2018c): 5.7.1. Végső energiafordozó felhasználás (1995-) [ezer toe], Központi Statisztikai Hivatal, http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_ui009.html, letöltés dátuma: 2018.08.17.
 158. KSH (2018d): 5.7.3. Megújuló energiaforrásokból és hulladékból termelt villamos energia részesedése (2000-) [%], Központi Statisztikai Hivatal, http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_ui011b.html, letöltés dátuma: 2018.08.17.
 159. KSH (2018e): 5.7.4. Alapenergiafordozónak minősülő megújuló energiaforrásokból és hulladékból termelt energia, energiaforrások szerint (2000-) [PJ], Központi Statisztikai Hivatal, http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_ui012b.html, letöltés dátuma: 2018.08.17.
 160. Kurucz, E. – Antal, G. – Fári, M. G. – Popp, J. (2014): Cost-effective mass propagation of Virginia Fanpetals (*Sida hermaphrodita* L. Rusby) from seeds. *Environmental Engineering and Management Journal*, 13 (11), pp. 2845-2852. http://omicron.ch.tuiasi.ro/EEMJ/pdfs/vol13/no11/19_689_Kurucz_14_proof.pdf
 161. Kurucz, E. – Fári, M. G. – Antal, G. – Gabnai, Z. – Popp, J. – Bai, A. (2018). Opportunities for the production and economics of Virginia fanpetals (*Sida hermaphrodita*). *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 90, 824-834. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.007>
 162. Lange, L. – Lindedam, J. (2016): The Fundamentals of Bioeconomy, The Biobased Society. United Federation of Danish Workers 3F, Technical University of Denmark, Copenhagen, http://orbit.dtu.dk/ws/files/140638164/Lange_L_Lindedam_J_2016_The_Fundamentals_Of_Bioeconomy_The_Biobased_Society..pdf, 20 p.

163. Lawson, D. M – Giessow, J. A. – Giessow, J. H. (2005): The Santa Margarita River *Arundo donax* control project: development of methods and plant community response. USDA Forest Service General Technical Report PSW-GTR-195, pp. 229-244.
164. Lepori, A. – Moroni, E. (1994): Binding compositions for the manufacture of lignocellulosic. 5,318,736 sz. USA szabadalom. https://www.google.hu/patents/US5318736?dq=Binding+compositions+for+the+manufacture+of+lignocellulosic&hl=hu&sa=X&ved=0ahUKEwiprZj_0cPPAhWCjywKHWumD80Q6AEIHDA, letöltés dátuma: 2016.06.25.
165. Lewandowski, I. – Scurlock, J. M. O. – Lindvall, E. – Christou, M. (2003): The development and current status of perennial rhizomatous grasses as energy crops in the US and Europe. *Biomass and Bioenergy*, 25 (4), pp. 335-361. [http://dx.doi.org/10.1016/S0961-9534\(03\)00030-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0961-9534(03)00030-8)
166. Lowe, S. – Browne, M. – Boudjelas, S. – De Poorter, M. (2000): 100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the global invasive species database. The Invasive Species Specialist Group (ISSG). 12 p.
167. Maceda-Veiga, A. – Basas, H. – Lanzaco, G. – Sala, M. – de Sostoa, A. – Serra, A. (2016): Impacts of the invader giant reed (*Arundo donax*) on riparian habitats and ground arthropod communities. *Biological Invasions*, 18 (3), pp. 731-749. doi:10.1007/s10530-015-1044-7
168. Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal (2018): 6.1. Megújuló energiaforrások felhasználásának részaránya a bruttó végső energia fogyasztáson belül, http://www.mekh.hu/download/d/ef/40000/6_1_megujulo_energiaforrasok_felhasznalasanak_reszaranya_2005_2016.xlsx, letöltés dátuma: 2018.08.17.
169. Magyar Gy. (1942): A vízparti növényzet a díszkertben. *Kertészeti szemle*, 1942. augusztus, 8. szám, pp. 115-116.
170. Mátyás Gy. (1941): A gyékény, nád, sás, káka és szittyó, mint iparilag is felhasználható növényeink. *Köztelek*, 51. évf., 40. szám, 1941. október 5. pp. 875.
171. Mantineo, M. – D'Agosta, G. M. – Copani, V. – Patanè, C. – Cosentino, S. L. (2009): Biomass yield and energy balance of three perennial crops for energy use in the semi-arid Mediterranean environment. *Field Crops Research*, 114 (2), pp. 204-213. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fcr.2009.07.020>
172. Mariani, C. – Cabrini, R. – Danin, A. – Piffanelli, P. – Fricano, A. – Gomasasca, S. – Dicandilo, M. – Grassi, F. – Soave, C. (2010): Origin, diffusion and reproduction of the giant reed (*Arundo donax* L.): a promising weedy energy crop. *Annals of Applied Biology*, 157 (2), pp. 191-202. doi:10.1111/j.1744-7348.2010.00419.x
173. Márton, L. – Czakó, M. (2002a): Selecting an explant of living tissue from the plant and cultivating the tissue on a primary medium to produce totipotent tissue, 2002. 02. 05. USA, US 6821782 B2 sz. találmány, <https://www.google.hu/patents/US6821782?dq=US+6821782+B2&hl=hu&sa=X&ved=0ahUKEwjw4oqB0MPPAhUFjwKHWbXAeQQ6AEIHDA>, letöltés dátuma: 2016.06.25.
174. Márton, L. – Czakó, M. (2002b): Sustained totipotent regenerable tissue culture of *Arundo donax* (giant reed) and totipotent tissue and plants produced therefrom, 2002.02.05, European Patent Register, WO 2002063023 A2 sz. találmány, <https://www.google.hu/patents/WO2002063023A2?cl=en&dq=WO+2002063023+A2&hl=hu&sa=X&ved=0ahUKEwiRoJ2j0MPPAhVJkCwKHW07Aa8Q6AEIHDA>, letöltés dátuma: 2016.06.25.
175. Márton, L. – Czakó, M. (2002c): Sustained totipotent regenerable tissue culture of *Arundo donax* (Giant Reed) and totipotent tissue and plants produced therefrom, 2002. 02. 05. USA, US 2002/0166149 A1 sz. találmány, <https://www.google.hu/patents/US20020166149?dq=US+2002/0166149+A1&hl=hu&sa=X&ved=0ahUKEwjc3ZrB0MPPAhUJBSwKHUEQCj0Q6AEIHDA>, letöltés dátuma: 2016.06.25.
176. Márton, L. – Czakó, M. (2007a): Method for micropropagation of monocots based on sustained totipotent cell cultures, 2007. 05. 07. European Patent Register, EP 2150100 B1 sz- találmány, <https://www.google.hu/patents/EP2150100B1?cl=en&dq> =EP+2150100

- +B1&hl=hu&sa=X&ved=0ahUKEwi6k93Z0MPPAhWJFiwKHXTsCr0Q6AEIHDA, letöltés dátuma: 2016.06.25.
177. Márton, L. – Czakó, M. (2007b): Propagating *Arundo* species in nutrient broth and on tertiary medium containing auxin and cytokinin, 2007.05.07. USA, US 7863046 B2 sz. találmány, <https://www.google.hu/patents/US7863046?dq=US+7863046+B2&hl=hu&sa=X&ved=0ahUKEwjW04fv0MPPAhVCjywkHRApCu0Q6AEIHDA>, letöltés dátuma: 2016.06.25.
 178. Márton L. – Fári M. (2011): A GM technika lehetséges szerepe a jövő biomassza-növényeinek előállításában, szaporításában és feldolgozásában. In: Genetikailag módosított élőlények (GMO-k) a tények tükrében. Magyar Fehér Könyv. Balázs E. – Dudits D. – Sági L. Barabás Zoltán Biotechnológiai Egyesület, Dudits Dénes, Szeged, 66-71.
 179. M'Barek, R. – Philippidis, G. – Suta, C. – Vinyes, C. – Caivano, A. – Ferrari, E. – Ronzon, T. – Lopez, A. S. – Santini, F. (2014): Observing and analysing the Bioeconomy in the EU-Adapting data and tools to new questions and challenges. *Bio-based and Applied Economics* 3 (1), pp. 83-91, doi: 10.13128/BAE-14189
 180. McCormick, K. – Kautto, N. (2013): The bioeconomy in Europe: An overview. *Sustainability*, 5 (6), pp. 2589-2608. doi:10.3390/su5062589
 181. Mckean, W. T. (2008): *Arundo donax* hemicellulose recovery process. WO 2010030689 A1. sz. szabadalom. <https://www.google.hu/patents/WO2010030689A1?cl=en&dq=Arundo+donax+hemicellulose+recovery+process.&hl=hu&sa=X&ved=0ahUKEwjMwMG298XP AhXBthQKH Y-bDmMQ6AEIGjAA>, letöltés dátuma: 2016.06.25.
 182. Mihály B. – Botta-Dukát Z. (2004): Özönnövények. Biológiai inváziók Magyarországon. Budapest, Természetbúvár Kiadó. 408 p.
 183. Mikó E. (1941): Köszöntő a deltái nádaratásra. *Korunk*, 3. pp. 33-38.
 184. Mirza, N. – Mahmood, Q. – Pervez, A. – Ahmad, R. – Farooq, R. – Shah, M. M. – Azim, M. R. (2010): Phytoremediation potential of *Arundo donax* in arsenic-contaminated synthetic wastewater. *Bioresource Technology*, 101 (15), 5815-5819. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2010.03.012
 185. Mlinarics, E. – Dergez, Á. – Blaskó, L. – Bordás, D. – Zsigrai, Gy. – Kiss, I. – Szabó, S. (2009): Possibilities of plant production for biorefinery on a soil contaminated with heavy metals. *Analele Universităţii din Oradea, Fascicula: Protecţia Mediului*, XIV, pp. 746-753.
 186. Molari, G. – Milani, M. – Toscano, A. – Borin, M. – Taglioli, G. – Villani, G. – Zema, D. A. (2014): Energy characterisation of herbaceous biomasses irrigated with marginal waters. *Biomass and Bioenergy*, 70, pp. 392-399. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.09.009
 187. Monteiro, A. – Teixeira, G. – Moreira, J. F. (2015): Relationships between leaf anatomical features of *Arundo donax* and glyphosate efficacy. *Revista de Ciências Agrárias. Revista de Ciências Agrárias*, 38 (2), pp. 131-138.
 188. Monti, A. – Di Virgilio, N. – Venturi, G. (2008): Mineral composition and ash content of six major energy crops. *Biomass and Bioenergy*, 32 (3), pp. 216-223. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2007.09.012>
 189. Monti, A. – Zanetti, F. – Scordia, D. – Testa, G. – Cosentino, S. L. (2015): What to harvest when? Autumn, winter, annual and biennial harvesting of giant reed, miscanthus and switchgrass in northern and southern Mediterranean area. *Industrial Crops and Products*, 75, pp. 129-134. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.06.025>
 190. Mülhaupt, R. (2013): Green polymer chemistry and bio-based plastics: dreams and reality. *Macromolecular Chemistry and Physics*, 214 (2), pp. 159-174. doi:10.1002/macp.201200439
 191. Nassi o Di Nasso, N. – Angelini, L. G. – Bonari, E. (2010): Influence of fertilisation and harvest time on fuel quality of giant reed (*Arundo donax* L.) in central Italy. *European Journal of Agronomy*, 32 (3), pp. 219-227. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eja.2009.12.001>
 192. Nassi o Di Nasso, N. – Roncucci, N. – Triana, F. – Tozzini, C. – Bonari, E. (2011a): Productivity of giant reed (*Arundo donax* L.) and miscanthus (*Miscanthus x giganteus* Greef et Deuter) as energy crops: growth analysis. *Italian Journal of Agronomy*, 6 (3), pp. 141-147. doi: 10.4081/ija.2011.e22

193. Nassi o Di Nasso, N. – Roncucci, N. – Triana, F. – Tozzini, C. – Bonari, E. (2011b): Seasonal nutrient dynamics and biomass quality of giant reed (*Arundo donax* L.) and miscanthus (*Miscanthus x giganteus* Greef et Deuter) as energy crops. Italian Journal of Agronomy, 6 (3), pp. 152-158. doi:<http://dx.doi.org/10.4081/ija.2011.e24>.
194. Nassi o Di Nasso, N. – Roncucci, N. – Bonari, E. – Venturi, G. (2013a): Giant reed (*Arundo donax* L.) as energy crop in Central Italy: a review. Italian journal of Agronomy. 8 (s1) e3, pp. 10-17.
195. Nassi o Di Nasso, N. – Roncucci, N. – Bonari, E. (2013b): Seasonal dynamics of aboveground and belowground biomass and nutrient accumulation and remobilization in Giant Reed (*Arundo donax* L.): A three-year study on marginal land. BioEnergy Research, 6 (2), pp. 725-736. doi:10.1007/s12155-012-9289-9
196. Nemzeti Fejlesztési Minisztérium (2010): Magyarország Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Terve, A 2020-ig terjedő megújuló energiahordozó felhasználás alakulásáról. pp. 198-201.
197. Nemzeti Fejlesztési Minisztérium (2012a): Nemzeti Energiastratégia 2030. Magyarország. ISBN 978-963-89328-1-5, 136 p.
198. Nemzeti Fejlesztési Minisztérium (2012b): 1/2012. (I. 20.) NFM rendelet a megújuló forrásokból előállított energia részarányának kiszámítási módszertanáról, <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1200001.nfm>, letöltés dátuma: 2018.07.17.
199. Neto, C. P. – Seca, A – Nunes, A. M. – Coimbra, M. A. – Domingues, F – Evtuguin, D. – Silvestre, A. – Cavaleiro, J. A. S. (1997): Variations in chemical composition and structure of macromolecular components in different morphological regions and maturity stages of *Arundo donax*. Industrial Crops and Products, 6 (1), pp. 51-58. doi:10.1016/S0926-6690(96)00205-1
200. Oakins, A. J. (2001): An assessment and management protocol for *Arundo donax* in the Salinas Valley Watershed. Capstone Project. Presented to Faculty of Earth Systems Science and Policy in the Center for Science, Technology, and Information Resources. California State University, Monterey Bay, Seaside, CA.
201. OECD (2009): The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda, Main Findings; Organisation for Economic Cooperation and Development: Paris, France, pp. 35-38.
202. Oláh, J. – Lengyel, P. – Balogh, P. – Harangi-Rákos, M. – Popp, J. (2017): The role of biofuels in food commodity prices volatility and land use. Journal of Competitiveness, 9 (4), pp. 81-93.
203. Ovez, B. – Ozgen, S. – Yuksel, M. (2006): Biological denitrification in drinking water using *Glycyrrhiza glabra* and *Arunda donax* as the carbon source. Process Biochemistry, 41 (7), pp. 1539-1544. doi:10.1016/j.procbio.2006.02.015
204. Pachanoor, D. S. (2008): Method for drying cane. US 2008/0313958 A1 sz. USA szabadalom. <https://www.google.hu/patents/US20080313958?dq=Method+for+drying+cane&hl=hu&sa=X&ved=0ahUKEwjs49Gw1MPPAhUKFSwKHScvCzYQ6AEIGjAA>, letöltés dátuma: 2016.06.25.
205. Palmer, I. E. – Gehl, R. J. – Ranney, T. G. – Touchell, D. – George, N. (2014): Biomass yield, nitrogen response, and nutrient uptake of perennial bioenergy grasses in North Carolina. Biomass and Bioenergy, 63, pp. 218-228. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.02.016>
206. Pari, Luigi – Assirelli, Alberto – Acampora, Andrea – Del Giudice, Angelo – Santangelo, Enrico. (2015a): A new prototype for increasing the particle size of chopped *Arundo donax* (L.). Biomass and Bioenergy, 74, pp. 288-295. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.01.025>
207. Pari, L. – Scarfone, A. – Santangelo, E. – Figorilli, S. – Crognale, S. – Petruccioli, M. – Suardi, A. – Gallucci, F. – Barontini, M. (2015b): Alternative storage systems of *Arundo donax* L. and characterization of the stored biomass. Industrial Crops and Products, 75 (30), pp. 59-65. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.04.018>
208. Pasha, R. – Abdulmalik (2010): Method for making plywood and dimensional lumber from *Arundo donax* L. or bamboo. US 7 649 957 B2 sz. szabadalom. <https://www.google.hu/patents/US7647957?dq=Method+for+making+plywood+and+dimensional+lumber+from+Arundo+donax+L.+or+bamboo&hl=hu&sa=X&ved=0ahUKEwil5quT1MPPAhXMESwKHZAaB18Q6AEIGjAA>, letöltés dátuma: 2016.06.25.

209. Péntes A. (1926): Apró közlemények, Az olasz nád (*Arundo donax* L.). Természettudományi Közlöny, 1926.08.01., 834. füzet, pp. 394.
210. Perdue, R. E. (1958): *Arundo donax*-source of musical reeds and industrial cellulose. Economic Botany, 12 (4), pp. 368-404.
211. Pilu, R. – Badone, F. C. – Michela, L. (2012): Giant reed (*Arundo donax* L.): A weed plant or a promising energy crop? African Journal of Biotechnology, 11 (38), pp. 9163-9174. doi: 10.5897/AJB11.4182
212. Pilu, R. – Manca, A. – Landoni, M. (2013): *Arundo donax* as an energy crop: pros and cons of the utilization of this perennial plant. Maydica, 58 (1), pp. 54-59.
213. Pilu, R. – Cassani, E. – Landoni, M. – Badone, F. C. – Passera, A. – Cantaluppi, E. – Corno, L. – Adani, F. (2014): Genetic characterization of an Italian Giant Reed (*Arundo donax* L.) clones collection: exploiting clonal selection. Euphytica, 196 (2), pp. 169-181. doi:10.1007/s10681-013-1022-z
214. Pimentel, D. – Zuniga, R. – Morrison, D. (2005): Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. Ecological Economics, 52 (3), pp. 273-288. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.10.002>
215. Pompeiano, A. – Vita, F. – Miele, S. – Guglielminetti, L. (2015): Freeze tolerance and physiological changes during cold acclimation of giant reed *Arundo donax* (L.). Grass and Forage Science, 70 (1), pp. 168-175. doi:10.1111/gfs.12097
216. Popp, J. – Lakner, Z. – Harangi-Rákos, M. – Fári, M. (2014): The effect of bioenergy expansion: food, energy, and environment. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 32, pp. 559-578. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.01.056>
217. Popp J. – Fári M. – Antal G. – Harangi-Rákos M. (2015): A fehérjetakarmány-piac kilátásai az EU-ban, különös tekintettel Magyarország fehérjeigényének kielégítésére. Gazdálkodás, 59 (5), pp. 401-421.
218. Popp, J. – Harangi-Rákos, M. – Gabnai, Z. – Balogh, P. – Antal, G. – Bai, A. (2016): Biofuels and their co-products as livestock feed: Global economic and environmental implications. Molecules, 21 (3), 285. doi:10.3390/molecules21030285
219. Popp J. – Harangi-Rákos M. – Kapronczai I. – Oláh J. (2018): Magyarország megújuló energiatermelésének kilátásai. Gazdálkodás 62 (2) pp. 103-122.
220. Qi, D. H. – Chen, H. – Matthews, R. D. – Bian, Y. Z. H. (2010): Combustion and emission characteristics of ethanol-biodiesel–water micro-emulsions used in a direct injection compression ignition engine. Fuel, 89 (5), pp. 958-964. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2009.06.029>
221. Qin, Z. – Zhuang, Q. – Zhu, X. – Cai, X. – Zhang, X. (2011): Carbon consequences and agricultural implications of growing biofuels crops on marginal agricultural lands in China. Environmental Science and Technology, 45 (24), pp. 10765-10772. doi: 10.1021/es2024934
222. Quave, C. L. – Plano, L. R. – Pantuso, T. – Bennett, B. C. (2008): Effects of extracts from Italian medicinal plants on planktonic growth, biofilm formation and adherence of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*. Journal of Ethnopharmacology, 118 (3), pp. 418-428. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2008.05.005>
223. Quinn, L. D. – Holt, J. S. (2008): Ecological correlates of invasion by *Arundo donax* in three southern California riparian habitats. Biological Invasions, 10 (5), pp. 591-601. doi:10.1007/s10530-007-9155-4
224. Quinn, L. D. – Gordon, D. R. – Glaser, A. – Lieurance, D. – Flory, S. L. (2015): Bioenergy Feedstocks at Low Risk for Invasion in the USA: a “White List” Approach. BioEnergy Research, 8 (2), pp. 471-481. doi:10.1007/s12155-014-9503-z
225. Rabemanolontsoa, H. – Saka, S. (2013): Comparative study on chemical composition of various biomass species. RSC Advances, 3 (12), pp. 3946-3956. doi: 10.1039/C3RA 22958K
226. Ragolini, G. – Dragoni, F. – Simone, M. – Bonari, E. (2014): Suitability of giant reed (*Arundo donax* L.) for anaerobic digestion: effect of harvest time and frequency on the biomethane yield potential. Bioresource Technology, 152, pp. 107-115. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2013.11.004>

227. Rakopoulos, D. C. – Rakopoulos, C. D. – Papagiannakis, R. G. – Kyritis, D. C. (2011): Combustion heat release analysis of ethanol or n-butanol diesel fuel blends in heavy-duty DI diesel engine. *Fuel*, 90 (5), pp. 1855-1867. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fuel.2010.12.003>
228. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (2017): Renewables 2017, Global Status Report. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2017/06/17-8399_GSR_2017_Full_Report_0621_Opt.pdf, 302 p., letöltés dátuma: 2018.07.05.
229. Ritter J. (1978): A papíryanagnak *Arundo Donax*ból való előállítására szolgáló eljárás és az e célra használandó főzőkészülékek javítása. *Magyar Szabadalom*. 1878. március 20.
230. Roncucci, N. – Nassi o Di Nasso, N. – Triana, F. – Taccini, F. – Tozzini, C. – Bonari, E. (2012): Biomass partitioning in a giant reed (*Arundo donax* L.) crop: a three-year study. https://www.researchgate.net/profile/Neri_Roncucci/publication/235989465_Biomass_Partitioning_in_a_Giant_Reed_Arundo_donax_L_crop_a_three-year_study/links/0deec5154373d06bcd000000.pdf
231. Rosenberger, A. – Kaul, H. P. – Senn, T. – Aufhammer, W. (2002): Costs of bioethanol production from winter cereals: the effect of growing conditions and crop production intensity levels. *Industrial Crops and Products*, 15 (2), pp. 91-102. [http:// dx.doi.org/10.1016/S0926-6690\(01\)00099-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0926-6690(01)00099-1)
232. Sablok, G. – Fu, Y.– Bobbio, V. – Laura, M. – Rotino, G. L. – Bagnaresi, P. – Allavena, A. – Velikova, V. – Viola, R. – Loreto, F. (2014): Fuelling genetic and metabolic exploration of C3 bioenergy crops through the first reference transcriptome of *Arundo donax* L. *Plant Biotechnology Journal*, 12 (5), pp. 554-567. doi:10.1111/pbi.12159
233. Salamon F. (szerk.) (1880): Az 1880. évi márcz. hóban időtartam lejártja miatt megsemmisült szabadalmak kimutatása (266). *Budapesti Közlöny*, 208. szám, 1980. szeptember 11, pp. 6967.
234. Salvi, S. (2016): Mutagenesis and Genomic Analysis in the Bioenergy Species *Arundo donax*. *Plant and Animal Genome XXIV Conference*. 9-13th, San Diego, CA, USA, http://www.watbio.eu/client/assets/media/pdfs/Arundo_UNIBO_PAG_2016.pdf
235. Scani, M. (2012): Utopia and Fascist foundation cities, The case of Torviscosa, In: *Utopia e controtopie*, Palmisano A. L. (Ed), DADA, Rivista di Antropologia post-globale, 1, Trieste, pp. 308.
236. Schievano, A. – D’Imporzano, G. – Corno, L. – Adani, F. – Badone, C. F. – Pilu, S. R. (2012): Piú biogas a costi inferiori con *Arundo* o doppia coltura. *L’Informatore Agrario*. 25. pp. 21-25.
237. Schievano, A. – D’Imporzano, G. – Orzi, V. – Colombo, G. – Maggiore, T. – Adani F. (2015): Biogas from dedicated energy crops in Northern Italy: electric energy generation costs. *GCB Bioenergy*, 7 (4), pp. 899-908. <http://dx.doi.org/10.1111/gcbb.12186>.
238. Scordia, D. – Jeffries, T. W. – Copani, V. – Cosentino, S. L. (2009): Production of second generation bioethanol from giant reed (*Arundo donax* L.). Paper presented at the Proc. 17th European Biomass Conference and Exhibition, Hamburg, Germany.
239. Scordia, D. – Cosentino, S. L. – Lee, J.-W. – Jeffries, T. W. (2011): Dilute oxalic acid pretreatment for biorefining giant reed (*Arundo donax* L.). *Biomass and Bioenergy*, 35 (7), pp. 3018-3024. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.03.046>
240. Sharma, K. P. – Kushwaha, S. P. S. – Gopal, B. (1998): A comparative study of stand structure and standing crops of two wetland species, *Arundo donax* and *Phragmites karka*, and primary production in *Arundo donax* with observations on the effect of clipping. *Tropical Ecology*, 39 (1), pp. 3-14.
241. Shatalov, A. A. – Pereira, H. (2002a): Influence of stem morphology on pulp and paper properties of *Arundo donax* L. reed. *Industrial Crops and Products*, 15 (1), 77-83. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0926-6690\(01\)00098-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0926-6690(01)00098-X)
242. Shatalov, A. A. – Pereira, H. (2002b): Carbohydrate behaviour of *Arundo donax* L. in ethanol-alkali medium of variable composition during organosolv delignification. *Carbohydrate Polymers*, 49 (3), pp. 331-336. [http://dx.doi.org/10.1016/S0144-8617\(01\)00340-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0144-8617(01)00340-X)
243. Shatalov, A. A. – Pereira, H. (2012): Xylose production from giant reed (*Arundo donax* L.): Modeling and optimization of dilute acid hydrolysis. *Carbohydrate Polymers*. 87, pp. 210–217. <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.07.041>

244. Simon, L. – Szabó, B. – Szabó, M. – Vincze, Gy. – Varga, Cs. – Uri, Zs. – Koncz, J. (2012): Effect of various soil amendments on the mineral nutrition of *Salix viminalis* and *Arundo donax* energy crops. *European Chemical Bulletin*, 2 (1), pp. 18-21.
245. Sissot, F. – Forlino, A. (2013): Le attività del progetto BioLyfe finalizzate all'approvvigionamento dell'impianto di Crescentino: aspetti di mercato, di meccanizzazione e logistica. Progetto Biolyfe, Workshop, 15th November, Torino, Italy
246. Smimizu, S. S. – Tanaka, T. M. – Ohara, O. N. – Inoue, T. F. (1990): Laminated material made of annual lignocellulosic stalks. US 4 968 549. sz. USA szabadalom. <https://www.google.hu/patents/US4968549?dq=Laminated+material+made+of+annual+lignocellulosic+stalks&hl=hu&sa=X&ved=0ahUKEwi05IH0cPPAhVLjyWKHU1wBKoQ6AEIHDA>, letöltés dátuma: 2016.06.25.
247. Spencer, D. F. – Liow, P.-Sz. – Chan, W. K. – Ksander, G. G. – Getsinger, K. D. (2006): Estimating *Arundo donax* shoot biomass. *Aquatic Botany*, 84 (3), pp. 272-276. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquabot.2005.11.004>
248. Spencer, D. F. – Ksander, G. G. – Tan, W. – Liow, P. S. – Whitehand, L. C. (2011): Influence of application timing on the impact of glyphosate on giant reed (*Arundo donax* L.). *Journal of Aquatic Plant Management*, 45, pp. 106-110.
249. Starr, F. – Starr, K. – Loope, L. L. (2005): Roadside survey and expert interviews for selected plant species on Molokai, Hawaii: Report for the Molokai Invasive Species Committee, MoMISC 31 p.
250. Stichnothe, H. – Stroz, H. – Meier, D., de Bari, I., Thomas, S. (2016): Development of second-generation biorefineries. In: *Developing the Global Bioeconomy: Technical, Market, and Environmental Lessons from Bioenergy*. Lamers, P. – Searcy, E. – Hess, J. R. – Stichnothe, H. (Eds.). Academic Press, Elsevier. ISBN: 978-0-12-805165-8., pp. 11-40.
251. Suhaly I. (1941): A mürost diadala. Új idők. 47. évf., 27-52. szám, pp. 602.
252. Surányi J. (1942): Újabb adatok a „Sumac” cukorcirokról. *Köztelek*. 52. évf., 52. szám, 1942. december 27. pp. 1146.
253. Szilassi P. (2004): A Duna-delta természeti földrajza és környezeti problémái, *Földrajzi Értesítő*, 2004. LIII. évfolyam, 3-4. füzet, pp. 183-201.
254. Takács Á. (2015): Az *Arundo donax* L. gyomirtási lehetőségei Magyarországon. Diplomamunka. Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság- Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, 54 p.
255. Takahashi, W. – Takamizo, T. – Kobayashi, M. – Ebina, M. (2010): Plant regeneration from calli in giant reed (*Arundo donax* L.). *Grassland Science*, 56 (4), pp. 224-229. doi:10.1111/j.1744-697X.2010.00198.x
256. Takahashi, W. – Takamizo, T. (2012): Molecular breeding of grasses by transgenic approaches for biofuel production: *Transgenic Plants - Advances and Limitations*, Çiftçi, Y. O. (Ed.), ISBN: 978-953-51-0181-9, InTech, <http://www.intechopen.com/books/transgenic-plants-advances-and-limitations/molecularbreeding-of-grasses-bytransgenic-approaches-for-biofuel-production>
257. Torre, P. – Cherchi, F. – Ottonello, P. – Ferrero, S. (2010): Pre-treated biomass having enhanced enzyme accessibility. CA 2810969 A1 sz. Kanada szabadalom. <https://www.google.hu/patents/WO2012042544A8?cl=en&dq=Pre-treated+biomass+having+enhanced+enzyme+accessibility&hl=hu&sa=X&ved=0ahUKEwjzlb6e9cXPAhUBRhQKHcQtCTcQ6AEIHjAA>, letöltés dátuma: 2016.06.25.
258. Tóth E. (2005): A mikroszaporítás gazdaságossági vonatkozásai. In: *Kertészeti növények mikroszaporítása*. Szerk. Jámborné Benczúr E., Dobránszki J. Mezőgazda kiadó, Budapest. pp. 307-309. ISBN: 9789632861517
259. Tóth E. – Kriston É. – Nyerges K. – Nardin F. – Czakó M. – Márton L. – Fári M. (2011): Harmadik generációs biomassza növények virológiai vizsgálata az *Arundo donax* L. példáján, 57. Növényvédelmi Tudományos Napok, 2011.02.22. Budapest
260. Tóth, S. – Mix-Wagner, G. – Frahnert, C. – Deuter, M. – El Bassam, N. (1998a): *In-vitro* cultures of different explants of *Miscanthus sinensis*, *Miscanthus x giganteus* and *Arundo donax* genotypes, 10th European Conference of Biomass for Energy and Industry, 8-11th June, Würzburg., Germany, pp. 1062-1066.

261. Tóth S. – Mix-Wagner G. – Frahnert C. – Deuter M. – El Bassam N. (1998b): Növény-, illetve szaporítóanyag előállítás a különböző *Miscanthus* genotípusok és az *Arundo donax* esetében *in vitro* kultúrák segítségével. IV. Növénynevelési Tudományos Napok, Magyarország, pp. 130.
262. Tóth Sz. – Mix-Wagner G. (1998): Embryogenic callus induction of different explants of *Miscanthus sinensis*, *Miscanthus x giganteus* and *Arundo donax* genotypes, In: Sustainable Agriculture for Food, Energy and Industry and Strategies Toward Achievement, El Bassam N. (Ed.), James and James Science Publishers, pp. 249-253.
263. Tóth Sz. – Pepó P. (1999): Növény-, illetve szaporítóanyag előállítás a különböző *Miscanthus* genotípusok és az *Arundo donax* esetében *in vitro* kultúrák segítségével, Debreceni Agrártudományi Egyetem Tudományos Közleményei, 34. pp. 101-111.
264. Trebbi D. – D'Angelantonio M. – Predieri S. – Valli F. – Tuberosa R. – Salvi S. (2013): Physical mutagenesis of the bioenergy species *Arundo donax* L., XXI. International Plant & Animal Genome, 12-16th January, San Diego, CA, USA
265. Vernersson, T. – Bonelli, P. R. – Cerrella, E. G. – Cukierman, A. L. (2002): *Arundo donax* cane as a precursor for activated carbons preparation by phosphoric acid activation. *Bioresource Technology*, 83 (2), pp. 95-104. [http://dx.doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00205-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00205-X)
266. Ververis, C. – Georghiou, K. – Christodoulakis, N. – Santas, P. – Santas, R. (2004): Fiber dimensions, lignin and cellulose content of various plant materials and their suitability for paper production. *Industrial Crops and Products*, 19 (3), pp. 245-254. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2003.10.006>
267. Viola, E. – Zimbardi, F. – Valerio, V. – Villone, A. (2015): Effect of ripeness and drying process on sugar and ethanol production from giant reed (*Arundo donax* L.). *AIMS. Bioengineering*, 2 (2), pp. 29-39. doi: 10.3934/bioeng.2015.2.29
268. Virtue, J. G. – Reynolds, T. – Malone, J. – Williams, C. (2010): Managing the weed risk of cultivated *Arundo donax* L. In: Seventeenth Australasian Weeds Conference, Christchurch, New Zealand, pp. 176-179.
269. Vogel J. (1938): Az olasz nád (*Arundo donax*), mint újonnan termesztésbe vett növény. *Köztelek*, 48. évf., 85-86. szám, 1938. október 23. pp. 842.
270. Webster, R. J. – Driever, S. M. – Kromdijk, J. – McGrath, J. – Leakey, A. D. B. – Siebke, K. – Demetriades-Shah, T. – Bonnage, S. – Peloe, T. – Lawson, T. (2016): High C3 photosynthetic capacity and high intrinsic water use efficiency underlies the high productivity of the bioenergy grass *Arundo donax*. *Nature Publishing Group, Scientific reports*, 6. 20694. doi: 10.1038/srep20694
271. Williams, C. M. J – Biswas, T. K. – Schrale, G. – Virtue, J. G. – Heading, S. (2008): Use of saline land and wastewater for growing a potential biofuel crop (*Arundo donax* L.). *Irrigation Australia 2008 Conference*. http://irrigation.org.au/documents/publications-resources/conference_papers_2008/200508_Stream3_CMJWilliams.pdf, letöltés dátuma: 2016.09.25.
272. Woods, S. H. – Woods, J. E. (2001): Methods and apparatus for the micro-and macropropagation of reed grasses. US 7 052 912 B1. sz. USA szabadalom. <https://www.google.hu/patents/US7052912?dq=Methods+and+apparatus+for+the+micro-and+macropropagation+of+reed+grasses&hl=hu&sa=X&ved=0ahUKEwjOk5TDz8PPAhWLiWkHaQ7AZwQ6AEIHDA>, letöltés dátuma: 2016.06.25.
273. World Bioenergy Association (2016): Global Bioenergy Statistics 2016. WBA. <http://worldbioenergy.org/content/wba-gbs>, letöltés dátuma: 2016.03.05.
274. World Bioenergy Association (2017): WBA Global Bioenergy Statistics 2017. World Bioenergy Association, http://worldbioenergy.org/uploads/WBA%20GBS%202017_hq.pdf, 80 p. letöltés dátuma: 2018.07.05.
275. Xumeng, G. – Fuqing, X. – Vasco-Correa, J. – Yebo, L. (2016): Giant reed: A competitive energy crop in comparison with miscanthus. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, pp. 350-362. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.010>
276. Youngs, H. – Somerville, C. (2012): Development of feedstocks for cellulosic biofuels. *F1000 Biology Report*, 4 (10), 11 p. doi:10.3410/B4-10

277. Zhalolov, I. – Tashkhodzhaev, B. – Khuzhaev, V. U. – Aripova, S. F. (2002): Alkaloids of *Arundo donax*. IX. Crystal structure of Arundamine. Chemistry of Natural Compounds, 38 (1), pp. 83-86. doi:10.1023/A:1015746102331
278. Zhang, J. – Li, Y. – Zhang, C. – Jing, Y. (2008): Adsorption of malachite green from aqueous solution onto carbon prepared from *Arundo donax* root. Journal of Hazardous Materials, 150 (3), pp. 774-782. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.05.036>

Személyes közlések:

Alshaal, T. személyes közlés (2015)

Tóth E. személyes közlés (2009)

Tóth E. személyes közlés (2011)

Internetes hivatkozások:

- I1: <http://the-plant-directory.co.uk/grasses-and-sedges/Arundo-donax-versicolor-golden-spanish-reed-2-litre>, letöltés dátuma: 2016.09.12.
- I2: <http://www.waterplantsitaly.com/prodotto/Arundo-donax-golden-chain/>, letöltés dátuma: 2016.09.12.
- I3: <http://www.palms-exotics.co.uk/Arundo-donax-variegated-p-585.html>, letöltés dátuma: 2016.09.12.
- I4: <http://www.futuregardens.pl/lasecznica-trzcinosata-variegata-Arundo-donax.html>, letöltés dátuma: 2016.09.12.
- I5: European Union (2016): Global invasive species database: <http://www.iucngisd.org/gisd/search.php> on 23-05-2016) letöltés dátuma: 2016.06.23.
- I6: http://cordis.europa.eu/project/rcn/59853_en.html, letöltés dátuma: 2016.09.12.
- I7: http://cordis.europa.eu/result/rcn/153157_en.html, letöltés dátuma: 2016.09.12.
- I8: <http://www.fibrafp7.net/portals/0/OPTIMA.pdf>, letöltés dátuma: 2016.09.12.
- I9: http://cordis.europa.eu/project/rcn/104331_en.html, letöltés dátuma: 2016.09.12.
- I10: <https://www.google.hu/search?tbo=p&tbm=pts&hl=en&q=Arundo+donax+patent:CN+intlpclass:%22CN%22&num=100#hl=en&tbm=pts&q=Arundo+donax+patent:CN>, letöltés dátuma: 2016.06.18.
- I11: Beta Renewables (2016): <http://www.betarenewables.com>, 2016.06.12.
- I12: <http://www.Arundo.it/index.php/chi-siamo?id=31>, letöltés dátuma: 2016.04.12.
- I13: <http://www.biomassza.eu/energiaultetveny/>, letöltés dátuma: 2016.04.12.
- I14: http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Agrotec/Agrotec_2013_10_82_88.pdf, 2016.07.29.
- I15: http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_met002a.html, letöltés dátuma: 2017.07.29.
- I16: http://www.met.hu/eghajlat/magyarorszag_eghajlata/eghajlati_adatsorok/Debrecen/adatok/havi_adatok/, letöltés dátuma: 2016.07.29.
- I17: http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_evkozi/e_met002.html, letöltés dátuma: 2017.07.29.



Nyilvántartási szám: DEENK/291/2018.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Antal Gabriella
Neptun kód: LWZP6H
Doktori Iskola: Ihrig Károly Gazdálkodás- és Szervezéstudományok Doktori Iskola
MTMT azonosító: 10057942

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Folyóiratcikkek, tanulmányok (7)

1. **Antal, G.:** Giant reed (*Arundo donax* L.) from ornamental plant to dedicated bioenergy species: review of economic prospects of biomass production and utilization.
International Journal of Horticultural Science. [Közlésre elfogadva], -, 2018. ISSN: 1585-0404.
2. **Antal, G.,** Fári, M., Domokos-Szabolcsy, É.: Obtention of new ornamental leaf variants of giant reed (*Arundo donax* L.) originated from somatic embryogenesis and their photosynthetic parameters.
International Journal of Horticultural Science. [Közlésre elfogadva], -, 2018. ISSN: 1585-0404.
3. **Antal, G.:** Zöld növényi biomassza hasznosításának nemzetközi és hazai kilátásai.
International Journal of Engineering and Management Sciences. 3 (3), 85-105, 2018. EISSN: 2498-700X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.21791/IJEMS.2018.3.8>.
4. Popp, J., Harangi-Rákos, M., Gabnai, Z., Balogh, P., **Antal, G.,** Bai, A.: Biofuels and Their Co-Products as Livestock Feed: Global Economic and Environmental Implications.
Molecules. 21 (3), 285[1-26], 2016. EISSN: 1420-3049.
DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/molecules21030285>
IF: 2.861
5. **Antal, G.,** Kurucz, E., Fári, M.: Alternatives of bioenergy feedstock production based on promising new perennial rhizomatous grasses and herbaceous semishrub crops in Hungary.
International Review of Applied Sciences and Engineering 6 (1), 41-46, 2015. ISSN: 2062-0810.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/1848.2015.6.1.6>
6. Fári, M., **Antal, G.,** Kurucz, E., Domokos-Szabolcsy, É.: Biogenerációs növények kutatása a Debreceni Egyetemen és a magyar agrár-biotechnológiai innováció néhány kitörési pontja. In: Fenntartható energetika megújuló energiaforrások optimalizált integrálásával (DENzero). Szerk.: Kalmár Ferenc, Akadémiai Kiadó, Budapest, 237-268, 2014. ISBN: 9789630595407





7. **Antal, G.**, Kurucz, E., Fári, M., Popp, J.: Tissue culture and agamic propagation of winter-frost tolerant 'Longicaulis' Arundo donax L.
Environmental Engineering and Management Journal 13 (11), 2709-2715, 2014. ISSN: 1582-9596.
IF: 1.065

Konferenciaközlemények (16)

8. **Antal, G.**, Csipkés, M.: A növényi biomassza hasznosításának globális és hazai perspektívái az olasz nád példáján.
In: LIX. Georgikon Napok: Kivonat-kötet. Szerk.: Nagy Zita Barbara, Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely, 48, 2017. ISBN: 9789639639881
9. **Antal, G.**, Kurucz, E., Fári, M.: Alternatives of bioenergy feedstock production based on promising new perennial rhizomatous grasses and herbaceous semishrub crops in Hungary.
In: Proceedings of DENZERO International Conference: Sustainable energy by optimal integration of renewable energy sources = Fenntartható energetika megújuló energiaforrások optimalizált integrálásával : 9-10 october 2014 : Debrecen, Hungary, University of Debrecen, Debrecen, 213-223, 2014. ISBN: 9789634737360
10. **Antal, G.**, Kurucz, E., Domokos-Szabolcsy, É., Fári, M.: Biogenerációs növények kutatása és a bioipari farmok jövője Magyarországon: áttekintés.
In: LVI. Georgikon Napok, Nemzetközi Tudományos Konferencia: Programfüzet / [közread. a] Pannon Egyetem Georgikon Kar, Pannon Egyetem, Georgikon Kar, Keszthely, 15-24, 2014. ISBN: 9789639639591
11. **Antal, G.**, Kurucz, E., Domokos-Szabolcsy, É., Popp, J., Fári, M.: Marginális területek hasznosítása biomassza növényekkel: a biológiai, az ökológiai és az ökonómiai szempontok kutatása.
In: XX. Növénynevelési Tudományos Nap : Növénynevelés a megújuló mezőgazdaságban. Szerk.: Veisz Ottó, Magyar Tudományos Akadémia, Budapest, 8, 2014. ISBN: 9789638351425
12. **Antal, G.**, Kurucz, E., Fári, M.: Requirements, results and problems of large-scale in vitro biomass plant propagation.
In: Proceedings of DENZERO International Conference: Sustainable energy by optimal integration of renewable energy sources = Fenntartható energetika megújuló energiaforrások optimalizált integrálásával : 9-10 october 2014 : Debrecen, Hungary, University of Debrecen, Debrecen, 224-234, 2014. ISBN: 9789634737360
13. **Antal, G.**, Kurucz, E., Fári, M.: Utilization of marginal lands with biomass plants: researching biotechnological, ecological and economic aspects.
In: 11th International Conference on Climate Changes and Sustainable Development of Natural Resources, Book of Abstract / Egyptian Soil Science Society; Kafrelsheikh University, Kafrelsheikh University, Egypt, 83-84, 2014.





14. **Antal, G.**, Domokos-Szabolcsy, É., Zsíros, O., Garab, G., Koroknai, J., Bukszár, S., Farkas, Á., Márton, L., Fári, M.: Az olasz nád (*Arundo donax* L.) szomatikus palánták spontán levélszín-változatai és fotoszintézisük.
In: XIX. Növénynevelési Tudományos Nap : Összefoglalók. Szerk.: Hoffmann Borbála, Kollaricsné Horváth Margit, PE Georgikon Kar, Keszthely, 73, 2013. ISBN: 9789639639508
15. **Antal, G.**, Fári, M.: Spontaneous viviparia and nodal shoot formation after winter season in giant reed (*Arundo donax* L.).
Studia Universitatis Babeş-Bolyai. Biologia 58 (1), 37-38, 2013. ISSN: 1221-8103.
16. **Antal, G.**, Márton, L., Czakó, M., Fári, M.: Inherited frost tolerance of *Arundo donax* synplants in field test.
In: Pannonian Plant Biotechnology Workshop, Advances in Plant Breeding and Plant Biotechnology in Central Europe / Pannonian Plant Biotechnology Association; University of Debrecen, Centre of Agricultural Center, Department of Plant Biotechnology, University of Debrecen, Centre of Agricultural Center, Department of Plant Biotechnology, Debrecen, 31, 2012.
17. **Antal, G.**, Márton, L., Czakó, M., Fári, M.: Kísérletek a szintetikus arundó (*Arundo donax* L.) ipari biomassza célú termesztése.
In: XVIII. Növénynevelési Tudományos Napok, Összefoglalók. Szerk.: Veisz Ottó, MTA Agrártudományok Osztályának Növénynevelési Tudományos Bizottsága, Martonvásár, 56, 2012. ISBN: 9789638351388
18. **Antal, G.**, Márton, L., Fári, M.: The potential of Artificial Plant Ovary (APO) concept in Plant Biotechnology.
In: Pannonian Plant Biotechnology Workshop, Advances in Plant Breeding and Plant Biotechnology in Central Europe / Pannonian Plant Biotechnology Association; University of Debrecen, Centre of Agricultural Center, Department of Plant Biotechnology, University of Debrecen, Centre of Agricultural Center, Department of Plant Biotechnology, Debrecen, 31-32, 2012.
19. **Antal, G.**, Márton, L., Fári, M.: A mesterséges növényi ovárium (APO) elmélete és perspektívái a növény biotechnológiában.
In: XVII. Növénynevelési Tudományos Napok. Összefoglalók: Növényneveléssel kultúrnövényeink sokféleségéért. Szerk.: Óvári Judit, Gabonakutató Nonprofit Közhasznú Kft., Szeged, 110, 2011. ISBN: 9789630812351
20. **Antal, G.**, Szakadát, G., Fári, M.: In vitro tenyésztetek multifunkciós folyamatvezérlésének modellezése lágy szárú növényekkel.
In: Tanulmányok a XXX. Jubileumi Országos Tudományos Diákköri Konferencián eredményesen szereplő hallgatók munkáiból. Szerk.: Antal Zsuzsanna, Juhász Lajos, DE Mezőgazd., Élelmiszertud. és Környezetgazd. Kar TDT, Debrecen, 6-14, 2011, (A Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar tudományos diákköri közleményei, 2063-0069 ; 1.)





21. **Antal, G.:** In vitro tenyésztetek multifunkciós folyamatvezérlésének modellezése lágy szárú növényekkel.
In: XXX. Jubileumi Országos Tudományos Diákköri Konferencia : Agrártudományi Szekció : Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely, 2011. április 6-8. : konferencia-kötet : program és előadás összefoglalók. Szerk.: Pál László, Farkas Róbert, Kodrik László, PE Georgikon Kar, Keszthely, 220, 2011. ISBN: 9789639639416
22. **Antal, G.:** In vitro tenyésztetek multifunkciós vezérlése mesterséges növényi ováriumban (APO).
In: I. Ag-Biotech Debrecen Konferencia / [ed. by Debreceni Egyetem AGTC MÉK Diószegi Sámuel Agrárinnovációs Intézet], Debreceni Egyetem AGTC MÉK Diószegi Sámuel Agrárinnovációs Intézet, Debrecen, 27-29, 2011.
23. **Antal, G.:** Kísérletek az Arundo donax bioenergetikai célú hasznosítására Magyarországon.
In: Tudományos diákköri konferencia, 2011/2012. tanév őszi félév : Debrecen, 2011. október 20. : meghívó és programfüzet, DE MÉKK, [Debrecen], 15, 2011.

További közlemények

Folyóiratcikkek, tanulmányok (11)

24. Kurucz, E., Fári, M., **Antal, G.**, Gabnai, Z., Popp, J., Bai, A.: Opportunities for the production and economics of Virginia fanpetals (*Sida hermaphrodita*).
Renewable & Sustainable Energy Reviews. 90, 824-834, 2018. ISSN: 1364-0321.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.007>
IF: 9.184 (2017)
25. Oláh, J., Popp, J., **Antal, G.:** Time-based competition in the supply-chain: The role of the logistics service providers.
SEA: Practical Application of Science. 6 (1), 37-46, 2018. EISSN: 2360-2554.
26. **Antal, G.:** Új iparág: "zöld kémia".
Magyar Mezőgazdaság. 73 (28), 26-28, 2018. ISSN: 0025-018X.
27. Harangi-Rákos, M., Oláh, J., **Antal, G.**, Fróna, D.: Erdőgazdálkodás és logisztika.
Jelenkori társadalmi és gazdasági folyamatok. 12 (1-2.), 127-139, 2017. ISSN: 1788-7593.
28. Fári, M., Molnár, M., **Antal, G.**, Domokos-Szabolcsy, É., Harangi-Rákos, M., Kurucz, E., Kralovánszky, U. P., Lisztes-Szabó, Z., Pető, K., Szakály, Z., Veres, S., Popp, J.:
Biotechnológia, anno 1920-1938 és ma: Ereky Károly programja a fehérjeprobléma megoldásáról és napjaink feladatai. Szaktudás Kiadó Ház :, Budapest, 436 p., 2016. ISBN: 9786155224676





29. Popp, J., Harangi-Rákos, M., **Antal, G.**, Balogh, P., Lengyel, P., Oláh, J.: Substitution of traditional animal feed with co-products of biofuel production: economic, land-use and GHG emissions implications = A hagyományos takarmány helyettesítése a bioüzemanyagipar melléktermékeivel: gazdasági, földhasználati és környezeti hatások.
Journal of Central European Green Innovation 4 (3), 13-30, 2016. ISSN: 2064-3004.
30. Popp, J., Fári, M., **Antal, G.**, Harangi-Rákos, M.: A fehérjetakarmány-piac kilátásai az EU-ban, különös tekintettel Magyarország fehérjeigényének kielégítésére.
Gazdálkodás 59 (5), 401-421, 2015. ISSN: 0046-5518.
31. Fári, M., Kralovánszky, U. P., Harangi-Rákos, M., Pető, K., Szakály, Z., Csíder, I., **Antal, G.**, Kurucz, E., Bradács, Z., Domokos-Szabolcsy, É., Popp, J.: Biotechnológia, anno 1917-1919: Erekly Károly víziója az élettudomány alkalmazásáról. Szaktudás Kiadó Ház ;, Budapest, 261 p., 2015. ISBN: 9786155224652
32. Elhawat, N. A., Alshaal, T., Domokos-Szabolcsy, É., El-Ramady, H., **Antal, G.**, Márton, L., Czakó, M., Balogh, P., Fári, M.: Copper Uptake Efficiency and Its Distribution Within Bioenergy Grass Giant Reed.
Bulletin Of Environmental Contamination And Toxicology 95 (4), 452-458, 2015. ISSN: 0007-4861.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00128-015-1622-5>
IF: 1.191
33. Domokos-Szabolcsy, É., **Antal, G.**: Arundo donax a talajszennyezés ellen.
Magyar Mezőgazdaság. 69 (29), 22-23, 2014. ISSN: 0025-018X.
34. Kurucz, E., **Antal, G.**, Fári, M., Popp, J.: Cost-effective mass propagation of Virginia Fanpetals (*Sida hermaphrodita* L. Rusby) from seeds.
Environmental Engineering and Management Journal. 13 (11), 2845-2852, 2014. ISSN: 1582-9596.
IF: 1.065

Konferenciaközlemények (12)

35. Kurucz, E., **Antal, G.**, Fári, M.: A biofinomítók új, alternatív növényeinek kutatása: az amerikai bársonymályva (*Sida hermaphrodita* L. Rusby).
In: XXI. Növénynevelési Tudományos Napok, Összefoglalók. Szerk.: Veisz Ottó, MTA Agrártudományok Osztályának Növénynevelési Tudományos Bizottsága; Magyar Növénynevelési Egyesülete, Martonvásár, 53, 2015. ISBN: 9789638351432
36. Elhawat, N. A., Alshaal, T., Domokos-Szabolcsy, É., El-Ramady, H., **Antal, G.**, Márton, L., Czakó, M., Balogh, P., Fári, M.: Biomassza termelés alternatív lehetősége rézzel szennyezett talajokon.
In: XXI. Növénynevelési Tudományos Napok : összefoglalók / [kiad. a] Magyar Tudományos Akadémia, Magyar Tudományos Akadémia, Martonvásár, 109, 2015. ISBN: 9789638351432





37. Molnár, M., **Antal, G.**, Varga, Á., Deme, A., Pócsi, I., Fári, M.: Növényi levélfehérjekoncentrátum (LPC) költséghatékonyabb előállítása és a melléktermékek alkalmazási lehetőségei.
In: XXI. Növénynevelési Tudományos Napok, Összefoglalók. Szerk.: Veisz Ottó, MTA Agrártudományok Osztályának Növénynevelési Tudományos Bizottsága : Magyar Növénynevelők Egyesülete, Martonvásár, 105, 2015. ISBN: 9789638351432
38. Fári, M., **Antal, G.**, Kurucz, E., Kaprinyák, T., Alshaal, T., Elhawat, N. A., Abd Alla, N. A., El-Ramady, H., Domokos-Szabolcsy, É.: Bioipari célra neveltet évelő biomassza növények kutatása Debrecenben: plantbiogen program = Research on dedicated perennial biomass crops in Debrecen : the plantbiogen program.
In: XX. Növénynevelési Tudományos Nap : Növénynevelés a megújuló mezőgazdaságban. Szerk.: Veisz Ottó, A Magyar Tudományos Akadémia Agrártudományok Osztályának Növénynevelési Tudományos Bizottsága, [Budapest], 140-144, 2014. ISBN: 9789638351425
39. Kurucz, E., Domokos-Szabolcsy, É., **Antal, G.**, Kaprinyák, T., Alshaal, T., Elhawat, N. A., Abd Alla, N. A., El-Ramady, H., Fári, M.: Biotechnology assisted breeding of endangered virginia mallow (*Sida hermaphrodita* L.) in Central Europe.
In: International Conference : Climate changes and sustainable development of natural resources : book of abstracts / [ed. by Kafrelsheikh University], Kafrelsheikh University, Egypt, 81-82, 2014.
40. Fári, M., **Antal, G.**, Kurucz, E., Kaprinyák, T., Alshaal, T., Elhawat, N. A., Abd Alla, N. A., El-Ramady, H., Domokos-Szabolcsy, É.: Biotechnology of new dedicated biomass crops: plantbiogen program in Hungary.
In: International Conference : Climate changes and sustainable development of natural resources : book of abstracts / [ed. by Kafrelsheikh University], Kafrelsheikh University, Egypt, 22, 2014.
41. Kaprinyák, T., Koroknai, J., Kurucz, E., Kertész, T., Domokos-Szabolcsy, É., **Antal, G.**, Lévai, P., Fári, M.: Development and application of "hort-IN-box"-system.
In: International Conference : Climate changes and sustainable development of natural resources : book of abstracts / [ed. by Kafrelsheikh University], Kafrelsheikh University, Egypt, 82, 2014.
42. Kaprinyák, T., Koroknai, J., **Antal, G.**, Szarvas, P., Kurucz, E., Domokos-Szabolcsy, É., Bradács, Z., Tóth, C. A., Szakadát, G., Wagner, C. O., Fári, M.: Horticultural application of Brazilian ginseng (*Pfaffia Glomerata* L.) in Hungary.
In: XIV. Nemzetközi Tudomány Napok : Az átalakuló, alkalmazkodó mezőgazdaság és vidék : Program : Előadások és poszterek összefoglalói. Szerk.: Takácsné György Katalin, Károly Róbert Főiskola, Gyöngyös, 189, 2014. ISBN: 9789639941755





43. Alshaal, T., Domokos-Szabolcsy, É., Márton, L., Kátai, J., Elhawat, N. A., **Antal, G.**, Geröcs, A., Fári, M.: Az olasz nád (*Arundo donax* L.) szomatikus növények talaj mikrobiális közösségei és szerepük a fitoremediációs folyamatokban.
In: The proceeding of XIX. Növénynevelési Tudományos Nap. Szerk.: Hoffmann Borbála, Kollaricsné Horváth Margit, Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely, 72, 2013. ISBN: 9789639639508
44. Fári, M., **Antal, G.**, Alshaal, T., Elhawat, N. A., El-Ramady, H., Kurucz, E., Domokos-Szabolcsy, É.: Biotechnology of Biomass Supply Chain: Central European Perspective.
In: Proceedings of the Pannonian Plant Biotech Association Workshop "Plant for the future" / [ed. Pannonian Plant Biotech Association], Pannonian Plant Biotech Association, [Cluj-Napoca], 14-15, 2013.
45. El-Ramady, H., Domokos-Szabolcsy, É., Márton, L., **Antal, G.**, Sztrik, A., Prokisch, J., Fári, M.: Szomatikus embrió eredetű olasz nád (*Arundo donax* L.) klaszterek in vitro Na-szelenát toleranciája két ökotípus összehasonlításával.
In: XIX. Növénynevelési Tudományos Nap : Összefoglalók. Szerk.: Hoffmann Borbála, Kollaricsné Horváth Margit, PE Georgikon Kar, Keszthely, 86, 2013. ISBN: 9789639639508
46. Elhawat, N. A., Domokos-Szabolcsy, É., Alshaal, T., Molnár, M., **Antal, G.**, Márton, L., Fári, M.: Szomatikus embrió eredetű olasz nád (*Arundo donax* L.) klaszterek in vitro sótűrése két ökotípus összehasonlításával.
In: The proceeding of the XIX. Növénynevelési Tudományos Nap : összefoglalók. Szerk.: Hoffmann Borbála, Kollaricsné Horváth Margit, Pannon Egyetem Georgikon Kar, Keszthely, 85, 2013. ISBN: 9789639639508

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 15,366

**A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre):
3,926**

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudományometriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.



Debrecen, 2018.09.04.

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

A kutatásokat a TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0041 számú projekt támogatta, mely az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Köszönettel tartozom Prof. Dr. Fári Miklós Gábor egyetemi tanárnak, aki témavezetőként kezdettől fogva sok hasznos tanáccsal segítette a kutatásaimat és biztosította a kutatásaimhoz szükséges feltételeket.

Ezúton szeretném megköszönni a Debreceni Egyetem MÉK korábbi Növény Biotechnológiai jogelőd tanszéki csoport minden korábbi és jelenlegi munkatársának a munkám során végzett közreműködését.

Külön köszönettel tartozom Szakadát Gyula Zsolt és Tóth Csaba fejlesztő mérnöknek a kísérleteim során nyújtott sok segítséget.

Köszönettel tartozom a Debreceni Egyetem GTK Ágazati Gazdaságtan és Módszertani Intézet valamennyi dolgozójának a disszertációm elkészítéséhez nyújtott támogatást és segítséget.

Ezúton szeretném megköszönni az USA-ban élő Prof. Márton Lászlónak és munkatársainak a 2008 és 2013 között nyújtott szakmai segítségüket, továbbá Dr. Tóth Endrének a korábbi építő együttműködését.

Ezúton fejezem ki köszönetemet a MOP Biotech Kft.-nek, az Ereky Károly Biotechnológiai Alapítványnak, a kutatásokban részt vevő valamennyi partnernek és munkatársnak a szíves együttműködését.

MELLÉKLETEK

1. melléklet: Az olasz nád főbb komponenseinek alakulása százalékos arányban kifejezve a legfontosabb szakirodalmi adatok alapján

| Források | Cellulóz (%) | Hemicellulóz (%) | Lignin (%) | Hamu (%) |
|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| PERDUE (1958) | 45,82 ±7,01 | 24,55 ±5,40 | 19,67 ±5,75 | 4,17 ±1,77 |
| CAPARRÓS et al. (2007) | 34,80 | 29,80 | 23,00 | n.a. |
| SCORDIA et al. (2009) | 35,76 ± 0,32 | n. a. | 22,35 ± 0,22 | 2,80 ± 0,23 |
| RABEMANOLONTSOA – SAKA (2013) | 41,60 | 24,20 | 24,90 | 3,20 |
| FRANCISCO et al. (2010) | 34,8 | 29,7 | 23,00 | n. a. |
| SHATALOV – PEREIRA (2012) | 33,85 ± 0,06 | 25,61 ± 0,07 | 24,02 ± 0,04 | 5,04 ± 0,03 |
| KOMOLWANICH et al. (2014) | 39,10 ± 0,25 | 24,40 ± 0,52 | 19,20 ± 3,25 | 4,20 ± 0,67 |
| CORNO et al. (2014) | 39,60 | 14,50 | 24,30 | 5,30 |
| GIUDICIANNI et al. (2014) | 37,80 | 26,40 | 18,50 | 4,80 |
| MOLARI et al. (2014) | 35,90 | 29,20 | 23,32 | 5,3 |
| e SILVA et al. (2015) | 31,10 ± 1,03 | 35,27 ± 2,80 | 18,49 ± 0,10 | n. a. |
| VIOLA et al. (2015) | 45,12 ± 0,05 | 27,40 ± 0,08 | 22,40 ± 2,39 | 1,58 ± 0,09 |
| Átlag | 37,94 ± 4,51 | 26,46 ± 5,14 | 21,93 ± 2,33 | 4,04 ± 1,28 |

Forrás: saját szerkesztés, a felsorolt szakirodalmi adatok alapján. Megjegyzés: az adatok százalékos (%) arányban értendők; ± előjel után SD érték látható; n. a. = nincs adat

2. melléklet: Az olasz nád biomassza hozamai a világon

| Származási hely, ország | Leírás, legfontosabb paraméterek (telepítés éve, tőállomány, betakarítás módja) | Betakarítási idő | Biomassza hozam (száraz tonna/ha) | Forrás |
|--|--|--|---|------------------------------------|
| Olaszország, Pisa | 7. éves rizómáról szaporított állomány (2010: 20e tő/ha) | október második fele | 32 | NASSI o Di NASSO et al. (2011a, b) |
| Olaszország, Pisa (marginális terület) | 3. éves mikroszaporítással szaporított állomány (2009: 20e tő/ha) | február | 20 | NASSI o Di NASSO et al. (2013a, b) |
| Olaszország, Pisa | 5. éves, rizómáról szaporított állomány (2011: 20e tő/ha), évi egyszeri betakarítással | I. szept. 15. II. okt. 28. III. jan. 16. (2012) | I. 38,4 (±2,0) II. 35,0 (±2,1) III. 41,6 (±0,6) | DRAGONI et al. (2015, 2016) |
| Olaszország, Pisa | 5. éves, rizómáról szaporított állomány (2011: 20e tő/ha), évi kétszeri betakarítással | I/1: jún.21. I/2a: okt. 28. I/2b: jan. 16. II/1: júl. 15. II/2a: okt. 28. II/2b: jan. 16. III/1: aug. 2. | I/1: 22,8 (±0,7) I/2a: 17,6 (±0,6) I/2b: 12,9 (±1,0) II/1: 22,8 (±0,7) II/2a: 13,0 (±3,2) II/2b: 11,3 (±1,3) III/1: 24,4 (±3,0) | DRAGONI et al. (2015, 2016) |

| | | | | |
|---------------------------|--|--|--|-------------------------------|
| | | III/2a: okt. 28. III/2b: jan. 16. | III/2a: 10,8 (±1,5) III/2b: 7,3 (±1,4) | |
| Olaszország, Pisa | 6. éves, rizómáról szaporított állomány (2012: 20e tő/ha), évi egyszeri betakarítással | I. szept. 17. II. okt. 22. III. jan. 20. (2013) | I. 29,7 (±2,0) II. 28,5 (±2,1) III. 22,5 (±0,6) | DRAGONI et al. (2015, 2016) |
| Olaszország, Pisa | 6. éves, rizómáról szaporított állomány (2012: 20e tő/ha), évi kétszeri betakarítással | I/1: jún.25. I/2a: okt. 22. I/2b: jan. 20. II/1: júl. 12. II/2a: okt. 22. II/2b: jan. 20. III/1: aug. 6. III/2a: okt. 22. III/2b: jan. 20. | I/1: 14,2 (±0,8) I/2a: 12,6 (±1,2) I/2b: 12,0 (±0,6) II/1: 17,3 (±2,7) II/2a: 10,8 (±1,4) II/2b: 6,9 (±1,9) III/1: 24,0 (±1,6) III/2a: 7,0 (±0,8) III/2b: 4,6 (±0,8) | DRAGONI et al. (2015, 2016) |
| Olaszország északi része | Gruppo Ricicla – DiSAA ültetvényei | n. a. | 1. év: 5,4-6 2. év: 26-52 3. év: 74 | CORNO et al. (2014) |
| Olaszország, Pisa | 1-6 éves rizómáról szaporított, állomány (20e /40e tő/ha) | <u>1. év:</u> 1. éves tápa.pótl. (+) <u>1. év:</u> 1 éves tápa.pótl. (-) október vége <u>2-6. év:</u> tápa.pótl. (+), <u>2-6. év/(-):</u> 2-tápa.pótl.(-), október vége, november | 1./+: 18,2 /20,5 1./-: 13,3 /21,7 2-6/+: 31,3 /25,6 2-6/-: 25,20 /23,00 | ANGELINI et al. (2005) |
| Olaszország, Pisa | 1-12 éves rizómáról szaporított állomány átlaga (20e tő/ha) | tenyészedőszak végén, ősszel | 37,7 | ANGELINI et al. (2009) |
| Olaszország, Pisa | 1-3. éves mikroszaporításból származó állomány (20e tő/ha) | 1. év: jan. 2. év/a: okt. 2. év/b: febr. 3. év: jan. | 1. év: 3 2. év/a: 15 2. év/b: 14 3. év: 20 | RONCUCCI et al. (2012) |
| Olaszország, Szicília | 2-4. éves állomány (szaporító anyag nem ismert) | n. a. | 2. év: 31,1 3. év: 38,8 4. év: 34,9 | MANTINEO et al. (2009) |
| Olaszország, Catania | 1-2. éves rizómáról szaporított állomány (26 666 tő/ha) | 1. év:febr.-márc. 2. év:febr.-márc. többéves átl. | 1. év: 10,6 2. év: 22,1 többi év: 26-37 | COSENTINO et al. (2006, 2008) |
| Olaszország, Bologna | 7. éves rizómáról szaporított állomány (2007) | őszi és téli betakarítás átlagosan | 36 | CEOTTO et al. (2015) |
| Olaszország, Bologna | 1-7. éves rizómáról szaporított állomány | őszi és téli betakarítás átlagosan | 39,4 (táp.után-pót.-al, de öntözés nélkül) | CEOTTO – DI CANDILO (2010) |
| Görögország középső része | 7. éves rizómáról szaporított állomány (9 600 tő/ha) | n. a. | 1. év: 1,37 2. év: 2,69-8,67 3. év: 6,33-18,60 (öntözés, táp.után-pót.függv.változik) | CHRISTOU et al. (2003) |
| Spanyolország | 1-3. éves állomány | n. a. | 1. év: 1,3 2. év: 20 3. év: 45,9 | HIDALGO – FERNANDEZ (2001) |

| | | | | |
|---|--|--|--|--|
| USA | 1-4. éves mikroszaporításból származó állomány (3 ökotípus átlaga) | n. a. | 1. év: 6,37 ($\pm 0,93$) 2. év: 10,27 ($\pm 1,86$) 3. év: 5,7 ($\pm 1,51$) 4. év: 4,7 ($\pm 1,57$) | KNOLL et al. (2012) |
| USA | 1-9. éves rizómáról szaporított állomány (2004: 10e tő/ha) | 1. év: nov. 2. év: nov. vége 3. év: okt. vége 4. év: okt. vége 5. év: febr. 6. év: jan. 7. év: jan. 8. év: jan. 9. év: febr. | 1. év: 5,4 2. év: 10,1 3. év: 12,1 4. év: 16,6 5. év: 19,2 6. év: 18,5 7. év: 20,1 8. év: 16,4 9. év: 17,1 | FAGNANO et al. (2015) |
| USA | 1-5. éves állomány (szaporító anyag nem ismert) | téli betakarítás (hegyoldal / síkság) | 1. év: 2,9 / 0,6 2. év: 23,8 / 18,6 3. év: 20,8 / 29,5 4. év: 24,8 / 25,1 5. év: 22,8 / 27,4 | PALMER et al. (2014) |
| USA | vad populáció | n. a. | 171; 155; 49 (tűz után regenerálódott állomány) | SPENCER et al. (2006); GIESSOW et al. (2011); AMBROSE – RUNDEL, (2007) |
| India | vad populáció | n. a. | 36-167 | SHARMA et al. (1998) |
| Ausztrália, Barmera (sós terület) Roseworth (szántóföld) | rizómáról szaporított állomány | n. a. | 29-45,2 (sós terület) 15,4-51,0 (szántóföld, csapadék függv.) | WILLIAMS et al. (2008) |

Forrás: Saját szerkesztés, Megjegyzés: a római számok (I., II., III. stb.) az adott évben, a különböző betakarítási időpontokat különbözteti meg; az „a”, „b” betű ugyanazon évben a második betakarítási időpontot jelzik az állomány újra kihajtását követően; n. a. = nincs adat

3. melléklet: Debrecen város időjárási adatai 2010-2016 év között az Országos Meteorológiai Szolgálat adatai alapján

| Időjárási paraméterek | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | Átlag |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Évi középhőmérséklet (°C) | 10,5 | 10,7 | 11,3 | 11,3 | 12,2 | 11,9 | 11,1 | 11,3 |
| Maximális hőmérséklet (°C) | 34,8 | 36,8 | 37,5 | 36,4 | 34,1 | 36,8 | 34,1 | 35,8 |
| Minimális hőmérséklet (°C) | -15,2 | -14,4 | -17,7 | -14,1 | -13 | -12,9 | -16,6 | -14,8 |
| Éves napfénytartam (óra) | 2 026 | 2 429 | 2 478 | 2 322 | 2 283 | 2 309 | 2 373 | 2317 |
| A csapadékos napok száma* | 162 | 109 | 111 | 131 | 128 | 121 | 126 | 127 |
| A lehullott csapadék évi mennyisége (mm) | 845 | 442 | 427 | 545 | 456 | 432 | 744 | 556 |

*Forrás: saját szerkesztés, I15 és I16 alapján, Megjegyzés: *legalább napi 0,1 mm csapadékmennyiség esetén*

4. melléklet: Debrecen város havi időjárási adatai (hőmérsékleti viszonyok, csapadékmennyiség és napsütéses órák száma) 2012-2016 között

| Időszak | | Közép- | Maximális | Minimális | Lehullott csapadék (mm) | Napsütéses órák száma (óra) |
|---------|-------------|------------------|-------------|--------------|-------------------------|-----------------------------|
| | | Hőmérséklet (°C) | | | | |
| 2010 | Jan. | -1,7 | 14,2 | -13,2 | 33,6 | 57,5 |
| | Febr. | 1,1 | 13,9 | -14,7 | 42 | 43,3 |
| | Márc. | 5,9 | 21,7 | -7,7 | 12,1 | 175,5 |
| | Ápr. | 11,6 | 22,7 | -0,6 | 64,6 | 216,9 |
| | Máj. | 16,3 | 26,6 | 8,1 | 156,1 | 166,6 |
| | Jún. | 19,7 | 33 | 8,6 | 81,7 | 263 |
| | Júl. | 22,5 | 33,5 | 12,4 | 88,8 | 299,6 |
| | Aug. | 21,2 | 34,8 | 6,8 | 86,3 | 311,2 |
| | Szept. | 14,9 | 24,1 | 5,8 | 92,3 | 160,7 |
| | Okt. | 7,9 | 18,3 | -3,5 | 26,3 | 182,6 |
| | Nov. | 8,1 | 21,8 | -3,5 | 63,5 | 112,8 |
| | Dec. | -1 | 12,8 | -15,2 | 97,5 | 36,4 |
| | J-D. | 10,5 | 34,8 | -15,2 | 844,8 | 2 026 |
| 2011 | Jan. | -0,7 | 8,8 | -14,4 | 22 | n.a. |
| | Febr. | -1,6 | 9,9 | -10,3 | 17,5 | n.a. |
| | Márc. | 6,2 | 20,8 | -8,6 | 36,5 | n.a. |
| | Ápr. | 12,9 | 25,6 | -0,8 | 13,5 | n.a. |
| | Máj. | 17 | 30,7 | -0,4 | 64,5 | n.a. |
| | Jún. | 21,1 | 32,8 | 9,2 | 39,5 | n.a. |
| | Júl. | 21,3 | 36,8 | 9,8 | 192,5 | n.a. |
| | Aug. | 22,2 | 35,6 | 10,3 | 42,5 | n.a. |
| | Szept. | 19,4 | 32,9 | 6,5 | 9,5 | n.a. |
| | Okt. | 10,1 | 26,7 | -5,7 | 18 | n.a. |
| | Nov. | 2 | 16,5 | -8,6 | 0 | n.a. |
| | Dec. | 2,1 | 10,3 | -3,9 | 82 | n.a. |
| | J-D. | 11,0 | 36,8 | -14,4 | 538 | 2429 |
| 2012 | Jan. | 0,2 | 9,5 | -11,3 | 25 | 94 |
| | Febr. | -5,3 | 11,4 | -17,7 | 19 | 99 |
| | Márc. | 6,9 | 22,1 | -8,4 | 2 | 248 |
| | Ápr. | 12,2 | 30,3 | -4,5 | 34 | 214 |
| | Máj. | 17,0 | 31,6 | 7,0 | 57 | 266 |
| | Jún. | 21,2 | 33,4 | 8,8 | 79 | 324 |
| | Júl. | 23,9 | 36,6 | 11,5 | 44 | 341 |
| | Aug. | 23,1 | 37,5 | 7,8 | 12 | 367 |
| | Szept. | 18,8 | 33,7 | 3,7 | 35 | 222 |
| | Okt. | 11,4 | 28,2 | -1,8 | 38 | 167 |
| | Nov. | 7,0 | 20,4 | -2,5 | 26 | 104 |
| | Dec. | -0,9 | 8,6 | -15,6 | 56 | 33 |
| | J-D. | 11,3 | 37,5 | -17,7 | 427 | 2 478 |
| 2013 | Jan. | -0,5 | 14,0 | -14,1 | 36 | 51 |
| | Febr. | 2,9 | 14,5 | -6,1 | 46 | 70 |
| | Márc. | 3,6 | 16,2 | -12,7 | 127 | 115 |
| | Ápr. | 12,4 | 29,9 | -1,5 | 46 | 248 |
| | Máj. | 17,0 | 29,7 | 7,9 | 84 | 252 |
| | Jún. | 20,2 | 33,3 | 8,4 | 58 | 278 |
| | Júl. | 22,1 | 36,3 | 10,1 | 10 | 381 |
| | Aug. | 22,5 | 36,4 | 10,6 | 35 | 344 |
| | Szept. | 14,5 | 27,2 | 1,3 | 22 | 203 |
| Okt. | 12,4 | 26,3 | -2,9 | 32 | 196 | |

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|
| | Nov. | 7,9 | 20,9 | -6,6 | 51 | 88 |
| | Dec. | 0,7 | 14,4 | -7,8 | 0 | 95 |
| | J-D. | 11,3 | 36,4 | -14,1 | 545 | 2 322 |
| 2014 | Jan. | 2,4 | 12,9 | -9,0 | 33 | 67 |
| | Febr. | 3,9 | 15,9 | -12,8 | 26 | 85 |
| | Márc. | 9,2 | 21,4 | -0,3 | 9 | 234 |
| | Ápr. | 12,9 | 24,9 | 0,5 | 33 | 195 |
| | Máj. | 16,1 | 29,4 | 3,9 | 54 | 289 |
| | Jún. | 20,2 | 34,1 | 6,1 | 30 | 351 |
| | Júl. | 22,1 | 32,8 | 10,6 | 66 | 296 |
| | Aug. | 20,7 | 32,8 | 8,5 | 36 | 284 |
| | Szept. | 17,3 | 29,6 | 4,0 | 54 | 169 |
| | Okt. | 11,8 | 25,8 | -3,1 | 60 | 159 |
| | Nov. | 6,9 | 22,0 | -3,1 | 20 | 82 |
| | Dec. | 2,7 | 10,7 | -13,0 | 35 | 74 |
| | J-D. | 12,2 | 34,1 | -13,0 | 456 | 2 283 |
| | 2015 | Jan. | 1,2 | 11,0 | -12,9 | 40 |
| Febr. | | 1,9 | 16,3 | -8,7 | 14 | 125 |
| Márc. | | 6,7 | 22,0 | -4,4 | 9 | 198 |
| Ápr. | | 10,8 | 26,5 | -5,1 | 25 | 278 |
| Máj. | | 16,5 | 28,8 | 5,3 | 43 | 276 |
| Jún. | | 20,7 | 32,5 | 8,2 | 34 | 293 |
| Júl. | | 23,6 | 36,5 | 9,2 | 28 | 344 |
| Aug. | | 24,2 | 36,8 | 12,7 | 81 | 293 |
| Szept. | | 18,4 | 34,8 | 6,3 | 35 | 201 |
| Okt. | | 10,6 | 23,9 | 0,0 | 78 | 130 |
| Nov. | | 5,8 | 17,6 | -3,4 | 43 | 77 |
| Dec. | | 2,6 | 12,9 | -9,0 | 3 | 31 |
| J-D. | | 11,9 | 36,8 | -12,9 | 432 | 2 309 |
| 2016 | Jan. | -1,8 | 10,4 | -16,6 | 67 | 49 |
| | Febr. | 5,9 | 16,1 | -3,8 | 97 | 69 |
| | Márc. | 6,8 | 21,2 | -4,6 | 32 | 166 |
| | Ápr. | 13 | 25,9 | -0,5 | 8 | 237 |
| | Máj. | 16,4 | 28,9 | 3,9 | 49 | 318 |
| | Jún. | 20,8 | 34,1 | 10,5 | 127 | 297 |
| | Júl. | 21,7 | 32,7 | 10,7 | 106 | 340 |
| | Aug. | 20,6 | 32,1 | 9,1 | 91 | 329 |
| | Szept. | 17,9 | 30,9 | 4,4 | 43 | 254 |
| | Okt. | 9,5 | 24,8 | 0,3 | 73 | 123 |
| | Nov. | 4,4 | 17,8 | -3,6 | 49 | 101 |
| | Dec. | -2,2 | 8,3 | -10 | 2 | 90 |
| J-D. | 11,1 | 34,1 | -16,6 | 744 | 2373 | |

Forrás: saját szerkesztés, I16 és I17 alapján; n.a. – nincs adat

5. melléklet: A Debreceni Egyetem Jövő Növényei Biomassza Bemutató Kert talajának főbb paraméterei az olasz nád ültetvény telepítésekor és a negyedik éves állomány esetén

| Mintavétel helye és ideje | pH | Szerves anyag % | NO ₃ -N mg/kg | NH ₄ -N mg/kg | Szerves-N mg/kg | Összes N mg/kg | P ₂ O ₅ mg/100g | K ₂ O mg/kg |
|---|------|-----------------|--------------------------|--------------------------|-----------------|----------------|---------------------------------------|------------------------|
| Bemutató Kert – gyepterület (2010/2011) | 7,93 | 3,14 | 0,08 | 0,15 | 0,14 | 0,64 | 24,76 | 465,0 |
| Bemutató Kert – gyepterület (2014/2015) | 6,99 | 2,79 | 10,22 | 5,83 | 3,12 | 19,16 | 99 | 578 |
| Olasznád állomány (2014/2015) | 7,04 | 2,61 | 6,87 | 2,93 | 3,5 | 13,29 | 91 | 495 |

Forrás: saját szerkesztés, ALSHAAL et al. 2013, 2014 és ALSHAAL személyes közlés, 2015 alapján

6. melléklet: I. olasz nád parcella (amerikai ökotípus) első évi növekedési tulajdonságai különböző térállásokban két különböző betakarítási időpontban (Debrecen – 2010/2011)

| Térállás | 1x1 m | | 1x0,75 m | | 1x0,5 m | |
|-----------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| | 2010. október vége | 2011. február | 2010. október vége | 2011. február | 2010. október vége | 2011. február |
| Friss tömeg (g) | 4929,20 ^a ±1627,85 | 1932,20 ^b ±856,12 | 3720,40 ^a ±709,29 | 1664,60 ^b ±478,86 | 2292,40 ^b ±326,32 | 1180,80 ^b ±127,00 |
| Hajtáshosszúság (cm) | 262,00 ^a ±13,98 | 226,00 ^b ±15,78 | 273,50 ^a ±15,28 | 229,50 ^b ±18,02 | 255,00 ^a ±14,34 | 214,00 ^b ±9,66 |
| Hajtások száma (db) | 17,30 ^a ±5,64 | 15,10 ^a ±5,53 | 16,60 ^a ±5,70 | 15,20 ^a ±5,25 | 14,50 ^a ±3,98 | 13,80 ^a ±4,18 |

Forrás: saját vizsgálat és szerkesztés. A táblázatban található átlagértékek mellett a felső indexbe az eltérő betűk a szignifikáns különbségeket mutatják, amelyet Scheffé próbával, p<0,05% szinten határoztam meg. A szórás mértéke a második sorban, ± jellel tüntettem fel.

7. melléklet: Az olasz nád laboratóriumi szaporítása során felmerülő anyag jellegű költségek 750 000 és 2 millió db akklimatizálásra alkalmas csomós növény előállításához (2013/2014-es beszerzési áron)

| Anyag jellegű költség megnevezése | 750 ezer növény/év | | 2 millió növény/év | |
|--|--------------------------|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| | Szükséges mennyiség (db) | Bekerülési érték (Nettó Ft) | Szükséges mennyiség (db) | Bekerülési érték (Nettó Ft) |
| <i>Steril munkához szükséges legfontosabb nagyobb értékű eszközök a beszerzés helyétől függően</i> | | | | |
| | Kínai beszerzés* | | Európai beszerzés | |
| Függőleges légáramú lamináris fülke | 1 | 232 521 | 1 | 1 200 000 |
| Vízszintes légáramú lamináris fülke | 2 | 465 041 | 2 | 2 400 000 |
| Autokláv | 2 | 465 041 | 2 | 4 000 000 |
| Gyöngysterilező | 3 | 69 756 | 3 | 180 000 |
| Összesen | 1 452 200 | | 7 780 000 | |
| <i>Laboratóriumi bútorok és felszerelések</i> | | | | |
| Rozsdamentes munkaasztal | 3 | 75 000 | 3 | 75 000 |

| | | | | |
|---|----|---------|------------|----------------|
| Fehér munkaasztal | 3 | 30 000 | 3 | 30 000 |
| Fali polc | 4 | 12 000 | 4 | 12 000 |
| Szék (mosható borítás) | 2 | 10 000 | 2 | 10 000 |
| Laborszék – görgős | 2 | 40 000 | 2 | 40 000 |
| Létra (fellépő) | 1 | 4 000 | 1 | 4 000 |
| Kéttálcás rozsdamentes lábönálló mosogató | 1 | 60 000 | 1 | 60 000 |
| Rozsdamentes asztal | 2 | 20 000 | 2 | 20 000 |
| Állvány (polc) | 2 | 20 000 | 2 | 20 000 |
| Villanybojler | 1 | 32 000 | 1 | 32 000 |
| Konyhai páraelszívó | 1 | 20 000 | 1 | 20 000 |
| Hűtőszekrény – fagyasztós | 1 | 100 000 | 1 | 100 000 |
| Léghőszabályozó | 1 | 147 000 | 1 | 147 000 |
| Légcsereplő | 1 | 98 600 | 1 | 98 600 |
| Növénynevelő állvány | 9 | 450 000 | 10 | 500 000 |
| Fénycsövek | 90 | 135 000 | 100 | 150 000 |
| Fénycsöves tenyésztő állvány | 1 | 100 000 | 1 | 100 000 |
| <i>Laboratóriumi műszerek</i> | | | | |
| pH mérő | 1 | 18 080 | 1 | 18 080 |
| Mágneses keverő | 2 | 110 000 | 2 | 110 000 |
| Táramérleg | 1 | 80 000 | 1 | 80 000 |
| Mikroszkóp | 1 | 100 000 | 1 | 100 000 |
| Hőmérő | 1 | 3 000 | 1 | 3 000 |
| Időzítő | 6 | 7 200 | 6 | 7 200 |
| Automata pipetta | 6 | 180 000 | 6 | 180 000 |
| <i>Laboratóriumi eszközök</i> | | | | |
| Csipesz (görbe) | 6 | 36 000 | 6 | 36 000 |
| Csipesz (egyenes) | 12 | 72 000 | 12 | 72 000 |
| Szike (+szikehegy) | 2 | 12 000 | 2 | 12 000 |
| Sebészolló fém | 2 | 12 000 | 2 | 12 000 |
| Fém kanál | 2 | 6 000 | 2 | 6 000 |
| Mérőhenger - 100 ml | 2 | 3 200 | 2 | 3 200 |
| Műanyag vegyszeres kanál | 2 | 1 600 | 2 | 1 600 |
| Fém vegyszeres kis kanál/spatula | 3 | 2 400 | 3 | 2 400 |
| Pasteur pipetta + gumipumpa (csomag) | 1 | 2 000 | 1 | 2 000 |
| Petri-csésze üveg különböző méret | 20 | 2 000 | 20 | 2 000 |
| Mágneses keverőbot | 16 | 4 800 | 16 | 4 800 |
| Műanyag flaska | 4 | 2 200 | 4 | 2 200 |
| Erlen-meyer lombik - 100 ml | 10 | 1 800 | 10 | 1 800 |
| Folyadéküveg (táptalajhoz) 1 L | 32 | 37 536 | 32 | 37 536 |
| Folyadéküveg (táptalajhoz) 0,5 L | 10 | 6 950 | 10 | 6 950 |
| Főzőpohár (üveg) 100 ml | 15 | 5 385 | 15 | 5 385 |
| Főzőpohár 150 ml | 15 | 6 600 | 15 | 6 600 |
| Főzőpohár 800 ml | 4 | 3 200 | 4 | 3 200 |
| Eppendorf cső 1,5 ml (csomag) | 1 | 3 200 | 1 | 3 200 |
| Műanyag füles főzőpohár - 2 L | 6 | 6 900 | 6 | 6 900 |

| | | | | |
|--|------|------------------|-------------|------------------|
| Fecskendő | 3 | 750 | 3 | 750 |
| Pipetta hegy 5 ml (50 db / csomag) | 4 | 13 480 | 4 | 13 480 |
| Pipetta hegy 1 ml (1000 db / csomag) | 1 | 2 500 | 1 | 2 500 |
| Pipetta hegy 200 µl (1000 db / csomag) | 1 | 1 770 | 1 | 1 770 |
| Parafilm (csomag) | 1 | 7 460 | 1 | 7 460 |
| Autoklávozó ragasztócsík (sterilizációhoz) | 1 | 1 380 | 1 | 1 380 |
| Tenyésztőedények (műanyag 1 L ételtároló) (Korona Kft.) | 2400 | 192 000 | 4864 | 389 120 |
| Csavaros kupakos műanyag tartály | 12 | 2 400 | 52 | 10 400 |
| Tenyésztőedények (műanyag 425 ml ételtároló) (Silwell Kft.) | 2252 | 30 217 | 3840 | 53 883 |
| Tenyésztőedények (műanyag 750 ml ételtároló) (Horeca) | 2880 | 115 200 | 7680 | 307 200 |
| Steril Petri-csésze - 92 mm Ø - 480 db /krt. | 1 | 10 820 | 1 | 10 820 |
| Steril fecskendőszűrő | 1 | 25 000 | 1 | 25 000 |
| <i>Táptalaj készítéséhez szükséges összetevők</i> | | | | |
| MS táptalaj komplex (50 literhez/doboz) | 14 | 128 800 | 34 | 312 800 |
| Kristálycukor-szacharóz (1 kg) | 20 | 4 000 | 51 | 10 200 |
| Vitaminok és növényi hormonok (egységesen kezelve) | 1 | 136 147 | 1 | 136 147 |
| Phytigel (Sigma) (500 g) | 1 | 36 342 | 1 | 36 342 |
| Citromsav (500 g) | 1 | 3 530 | 1 | 3 530 |
| Kálium-hidroxid (500 g) | 1 | 2 500 | 1 | 2 500 |
| Kálium-klorid (pH elektrodhoz) (500 g) | 1 | 2 700 | 1 | 2 700 |
| pH puffer oldatok 4 és 7-es | 2 | 3 500 | 2 | 3 500 |
| Etanol 95% | 1 | 8 500 | 1 | 8 500 |
| Denaturált szesz | 1 | 2 000 | 1 | 2 000 |
| Aceton | 1 | 2 500 | 1 | 2 500 |
| Cefotaximum (1 g) | 10 | 12 000 | 30 | 36 000 |
| DMSO (250 ml) | 1 | 5 000 | 1 | 5 000 |
| Desztillált víz | 667 | 166 626 | 1697 | 424 175 |
| <i>Egyéb eszközök</i> | | | | |
| Papírtörő | 12 | 7 200 | 24 | 14 400 |
| Alufólia | 20 | 9 000 | 30 | 13 500 |
| Frissen tartó fólia | 10 | 10 000 | 24 | 24 000 |
| Kéz- és felületfertőtlenítő szerek | 12 | 18 000 | 24 | 36 000 |
| Összesen | | 2 442 628 | | 4 042 208 |

Forrás: saját adatgyűjtés és összeállítás, 2013-2014. Megjegyzés: a félkövérrel kiemelt részek a változásokat emeli ki a 750 ezer növény előállításához képest.

8. melléklet: Az olasz nád üzemi termelés várható költségeinek alakulása műveletenkénti szerkezetben az ültetvény korának függvényében

| Ültetvény kora | Költségnevek megnevezése | Ft/ha | Megoszlás (%) |
|------------------------------------|--|------------------|---------------|
| Első év | Talaj előkészítése, őszi mélyszántás | 25 000 | 3,39% |
| | Szántás elmunkálás, terület előkészítése tavasszal | 8 000 | 1,08% |
| | Szaporítóanyag | 500 000 | 67,75% |
| | Telepítés, ültetés | 50 000 | 6,78% |
| | Gyomirtás 2 alkalommal (kézi + vegyszeres) | 30 000 | 4,07% |
| | Tápanyagutánpótlás | 25 000 | 3,39% |
| | Betakarítás, szállítás, tárolás | 100 000 | 13,55% |
| | 1. év közvetlen költség | 738 000 | 100% |
| Második év | Sorközművelés 1 alkalommal | 12 000 | 9,45% |
| | Gyomirtás 1 alkalommal | 15 000 | 11,81% |
| | Betakarítás, szállítás, tárolás | 100 000 | 78,74% |
| | 2. év közvetlen költség | 127 000 | 100% |
| Harmadik év | Gyomirtás 1 alkalommal | 15 000 | 13,04% |
| | Betakarítás, szállítás, tárolás | 100 000 | 86,96% |
| | 3. év közvetlen költség | 115 000 | 100% |
| Negyedik évtől minden évben | Tápanyag-utánpótlás | 7 000 | 6,54% |
| | Betakarítás, szállítás, tárolás | 100 000 | 93,46% |
| | 4. évtől közvetlen költség | 107 000 | 100% |
| Összes közvetlen költség | | 2 799 000 | - |

Forrás: MOP Biotech Kft. adatai alapján 2012-2014. Megjegyzés: az adatok 2012-ben telepített ültetvények adatait tartalmazzák, saját szerkesztés